



**Luís Miguel Alçada
Albuquerque Raínho**

**Medição de tempos e melhoria de sistema produtivo
aplicando o conceito SMED**



**Luís Miguel Alçada
Albuquerque Raínho**

**Medição de tempos e melhoria de sistema produtivo
aplicando o conceito SMED**

Relatório de projecto apresentado à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial, realizado sob a orientação científica do Dr^a. Ana Moura, professora auxiliar convidada do Departamento de Economia, Gestão e Engenharia Industrial da Universidade de Aveiro

texto Dedico este trabalho aos meus pais, que sempre me apoiaram nos bons e nos maus momentos.

o júri

presidente

Prof. Dr. Carlos Manuel dos Santos Ferreira
Universidade de Aveiro

Prof. Dr. Rui Pedro Charters Lopes Rijo
Instituto Politécnico de Leiria – Escola Superior de Tecnologia de Gestão

Prof. Dr. Ana Maria Pinto de Moura
Universidade Aveiro

agradecimentos

Gostaria de agradecer à SCHERDEL-MOLTEC, S.A. por ter permitido executar este trabalho nas suas instalações e também à Prof.^a Dr^a. Ana Moura pelo seu constante apoio.

palavras-chave

SMED, produção de molas, tempos de setup, lean manufacturing

resumo

A cada segundo que passa a competitividade nos mercados globais é mais forte. Para uma empresa se manter competitiva no seu mercado tem de tomar uma postura de constante melhoria dos seus processos, com vista a elevar o valor acrescentado levado até ao cliente final. Este trabalho debruça-se sobre o estudo de uma linha de produção de molas de compressão, de forma a melhorar a sua produtividade através da aplicação do conceito SMED e nos ensinamentos Shigeo Shingo.

keywords

SMED, spring manufacturing, setup time, lean manufacturing

abstract

The competitiveness in global markets is ever increasing. To a company to stay afloat under these circumstances it needs to adopt a mindset towards continuous improvement of its processes, so it can provide a steady increase in added value to the client. This work sets on to study a production line of compression springs, and the ways to improve its productivity under the SMED concept and Shigeo Shingo teachings.

Índice

1. Estado da Arte – Single Minute Exchange Die (SMED)	1
1.1 – Introdução	2
1.2 – Fases e Técnicas de Aplicação	3
1.3 – Efeitos da Aplicação do Conceito SMED	8
1.4 – Aplicabilidade SMED	9
2. Contexto do Trabalho	11
2.1 – Apresentação da Empresa	12
2.2 – Descrição do Problema	13
2.2.1 – Formação	13
2.2.2 – Responsabilidades	13
2.2.3 – Organização do Local de Trabalho	14
2.2.4 – Organização das Tarefas Envolventes	14
2.2.5 – Manutenção	14
2.3 – A Mola de Compressão	15
2.3.1 – O Processo de Fabrico	17
2.3.2 – Ferramentaria Específica	19
3. Dados Recolhidos e Metodologia Proposta	27
3.1 – Dados Recolhidos	28
3.1.1 – Análise dos Dados Recolhidos	31
3.1.2 – O Setup e o Operador	35
3.2 – Metodologia Proposta	37
3.2.1 – Distribuição das Ordens de Produção	37
3.2.2 – O Setup da Máquina	39
3.2.2.1 – Sequenciamento das Tarefas	39
3.2.2.2 – Proximidade das Ferramentas	41
3.2.2.3 – Disponibilidade das Ferramentas	42
3.2.2.4 – Execução da Manutenção	43
3.2.2.5 – Manual de Preparações	44
3.2.2.6 – Formação	46
3.2.2.7 – Armazém de Matéria-Prima	46
3.2.2.8 – Controlo de Qualidade	48
3.2.2.9 – Forno de Revenimento	49
4. Resultados Teóricos e Conclusões	51
4.1 – Pré-Ajuste	52
4.2 – Ajuste	53

4.3 – Pós-Ajuste	54
4.4 – Outras Actividades de Optimização	56
4.5 – Resultados	57
4.6 – Conclusões	59
Bibliografia	61
Anexo I	65

Capítulo 1

Estado da Arte – Single Minute Exchange Die (SMED)

1. Estado da Arte – Single Minute Exchange Die (SMED)

1.1 Introdução

No mercado global as empresas têm de ser organizações altamente eficientes se querem sobreviver numa conjuntura cada vez mais competitiva. Essa eficiência só poderá ser atingida suprimindo todos os processos e/ou operações que não acrescentem valor produto final.

O SMED é um conceito que permite às empresas alcançar drásticas reduções de desperdício.

Corria o ano de 1950 quando Shigeo Shingo deu o primeiro passo para a criação do conceito. Enquanto trabalhava na melhoria do processo de prensagem da empresa Toyo Kogyo, reparou na existência de tarefas que eram executadas quando a prensa estava parada (setup interno) e outras cuja execução era feita quando a prensa estava a operar (setup externo). Através da reorganização das ferramentas e do processo de setup, tentando fazer o máximo de tarefas enquanto a máquina estava em funcionamento, obteve-se um aumento de eficiência de cerca de 50% [Shingo, (1985)].

Em 1957, durante um trabalho nos estaleiros da Mitsubishi Heavy Industries, a instalação de um segundo equipamento de produção permitiu transformar uma tarefa interna em externa. Os resultados melhoraram cerca de 40%, no entanto o grande passo só viria a ser dado em 1969, durante uma visita à fábrica de carroçarias da Toyota Motor Company. Na primeira visita foi pedido que se reduzissem os tempos de setup das prensas das 4 horas normais, para menos de duas horas (tempo usado pelos alemães da Volkswagen, no setup das suas prensas). Ao fim de 6 meses o objectivo foi conseguido, com as prensas a serem preparadas em 90 minutos. No entanto, um mês mais tarde, é proposto novo desafio. O de reduzir o tempo de preparação para 3 minutos. Shingo ficou estupefacto com o pedido. A redução de tempo era enorme, mas é então que ficam completas as bases do SMED. Shingo tem a ideia de transformar as tarefas internas em externas. Em três meses de trabalho a fábrica passa a preparar as prensas em apenas 3 minutos.

Após 19 anos de trabalho, são definidos as 3 fases principais que orientam o conceito SMED:

- 1- Distinção entre setups internos e externos
- 2- Conversão dos setups internos em externos
- 3- Optimização do procedimento de setup

De acordo com Kannenberg (1994), o tempo de preparação ou de setup é o intervalo de tempo entre a última peça boa do lote anterior, e a primeira peça boa do lote seguinte [Carla Neumann, José Ribeiro, (2004)].

1.2. Fases e técnicas de Aplicação

Fase 1: Distinção entre Setups Internos e Externos

Nesta fase é necessário definir o que é feito com o equipamento em produção e o que é feito com o equipamento parado.

Todas as ferramentas/peças e passos de uma operação devem ser descritos numa *checklist*. De acordo com Shingo (1985), fazendo isto antecipadamente é possível evitar erros e produções de teste demoradas. Shingo (1985) também refere a utilização de uma tabela de verificação, onde seriam desenhadas as ferramentas/peças necessárias para o setup, que depois poderiam ser comparadas, por sobreposição no desenho, com as peças correspondentes. Isto permitiria um controlo visual das ferramentas/peças deveras eficaz.

A *checklist* permite saber se as ferramentas/peças estão presentes mas não diz se as peças estão em bom estado operacional. A verificação regular do bom funcionamento das ferramentas/peças deve ser feito durante os setups externos, para que se possam evitar atrasos desnecessários durante os setups internos.

A melhoria no transporte da matéria-prima ou outros componentes importantes de produção é outro ponto a considerar. Assim, o ideal será fazer

todo o tipo de movimentação durante os setups externos, caso não seja possível, a movimentação deve ser reduzida ao mínimo indispensável durante os setups internos.

Resumindo, nesta fase toma-se contacto com o processo. Determinam-se quais os seus blocos constitutivos e como interagem entre si. O seu objectivo principal é garantir que os setups externos são, de facto, realizados com a máquina em funcionamento.

Fase 2: Conversão dos Setups Internos em Externos

Nesta fase é necessária a observação atenta de todas as componentes da operação de forma a identificar pontos de melhoria. A conversão dos setups internos em externos implica grandes aumentos de produtividade, na medida em que o tempo de paragem do equipamento é diminuído para o mínimo indispensável.

Shingo (1985) aponta como primeira técnica a **preparação antecipada das condições de operação do equipamento**, apresentando vários relatos de como se converteram setups internos em externos. Um desses exemplos é o de uma fundição que aquecia os seus moldes (os moldes precisam de ser aquecidos para que durante a injeção de metal, este não arrefeça imediatamente fazendo com que preencha melhor o espaço livre, dando origem a uma peça uniforme de alta qualidade) injectando metal fundido. Este processo apresenta dois inconvenientes: (1) o metal injectado originava imediatamente peças defeituosas, (2) que teriam de ser retiradas e fundidas novamente. Shingo chegou à conclusão que a utilização de moldes previamente aquecidos reduziria todo o processo em cerca de 30 minutos. Assim, foi instalada uma prateleira num forno adjacente, para pré-aquecer os moldes que fossem usados nas operações seguintes.

A segunda técnica prende-se com a **standardização da função**. Esta técnica incide sobre a standardização, apenas, das operações de setup relevantes. De acordo com Shingo (1985), uma aplicação eficaz desta técnica requer a

análise da função de cada uma das peças do equipamento, elemento por elemento, e substituir o menor número de peças possível.

O objectivo é tornar o setup mais rápido e fácil mas ao mesmo tempo preciso.

Fase 3: Optimização do procedimento de setup

A terceira fase caracteriza-se pela optimização da conjugação de todas as componentes do setup, tornando o processo o mais simples e eficiente possível. Envolve a melhoria dos transportes, da organização das ferramentas/peças, criação de melhores planos de manutenção, alocação de recursos durante uma preparação, armazenamento e preparação do equipamento.

A primeira técnica é referente aos setups externos, Shingo (1985) denomina-a de **Melhorias Radicais nas operações de Setup Externo**, e não é mais que a optimização da execução de todas as tarefas – após conclusão das Fases 1 e 2 – que são definidas como setup externo.

As operações de **setup interno** são alvo de um conjunto de técnicas que são agora apresentadas:

- **Paralelização de Tarefas:** A utilização de dois operadores para uma tarefa que tipicamente só alocava um, pode revelar-se deveras compensadora. A utilização de dois operadores na execução de uma tarefa que levava doze minutos conduz a que essa tarefa seja completada não em seis mas, talvez, em quatro minutos devido à economia de movimento obtida (Shingo 1985). A paralelização de tarefas leva a preocupações de segurança, na medida em que por vezes a execução de uma tarefa necessita ser sinalizada ao outro operador, para que este possa continuar sem correr o risco de se ferir ou danificar o equipamento.
- **Métodos de Fixação Rápida:**
 - o *Aperto Com Uma Volta:* um parafuso só aperta na última volta. Assim se retirar toda a rosca excepto a da última volta, teremos fixação com uma volta.

- *Métodos de Movimento Único*: através da utilização de fixadores com molas, grampos de fixação, cunhas, pinos etc.
- Métodos de bloqueio: exemplo na Figura 1.

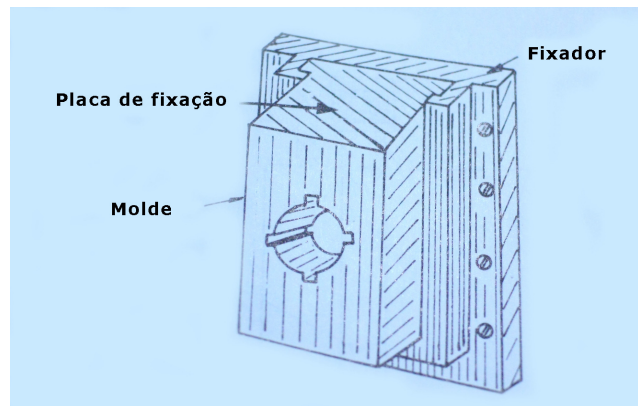


Figura 1 – Método de bloqueio para moldes de plástico, adaptado Shingo (1985)

- **Eliminação de Ajustes:**

- *Determinação de “Settings” Numéricos*: a preparação de uma máquina por intuição não é um método aceitável (ainda que muito utilizado). Este tipo de abordagem não permite eliminar a utilização de produções de teste, como tal deve ser substituído. Este ponto advoga a quantificação de tudo quanto seja relevante para o setup do equipamento. Um bom exemplo será uma passadeira que leva até um forno/estufa um produto que deve secar/cozer. A temperatura do forno deverá estar definida, bem como a velocidade da passadeira. No caso desta última não ter uma escala no manípulo do potenciômetro, seria boa prática criar uma e definir, com base nela, qual o nível de potencia aplicada na passadeira para aquele produto em particular.
- *Linhas de Centro e Planos de Referência*: durante a execução de setup num equipamento, as linhas de centro ou planos de referência não são visíveis. Como tal têm de ser encontrados por tentativa/erro, o que pode ser um processo demorado (Shingo, 1985).
- *Mínimo Múltiplo Comum*: esta técnica pode e deve ser utilizada para eliminar ajustes. O objectivo é fazer com que os operadores executem o mínimo de operações entre cada setup, executando

apenas aquelas que interessam para uma dada operação. Shingo apresenta um exemplo muito simples de perceber para ilustrar esta técnica. Durante a produção de botões para televisões, era necessário trocar os moldes porque existiam dois tipos de botões (A e B) que requeriam dois tipos diferentes de resina. Sempre que era necessário trocar a produção dos botões A para os botões B, um novo setup teria que ser feito para remover o molde dos botões A e instalar o dos botões B. A solução encontrada foi fazer o molde dos dois tipos de botões num único bloco, de acordo com Figura 2. A introdução de um centro rotativo de direccionamento da resina permitia trocar as produções, de acordo com Shingo (1985), em apenas cinco minutos. Esta técnica tenta revelar os parâmetros comuns dos vários setups, permitindo assim que se possa minimizar a sua execução.

- *Mecanização*: esta técnica deverá ser utilizada só após todas as outras terem sido aplicadas com sucesso. Segundo Shingo (1985), as técnicas básicas desenvolvidas reduzem, com frequência, setups de duas horas para apenas três minutos. A mecanização poderá reduzir, então, cerca de mais um minuto. Apesar da mecanização, em alguns casos, produzir notórias melhorias, os custos de implementação são bastante elevados. Assim, a mecanização deve ser utilizada apenas depois de todas as técnicas referidas anteriormente terem sido aplicadas e esgotadas.

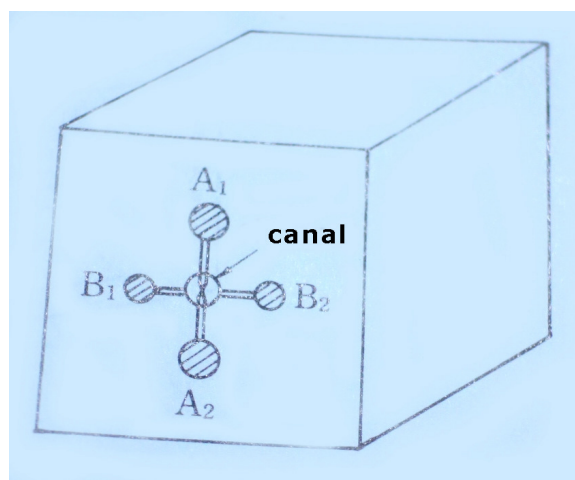


Figura 2 – Mudança de molde “One-Touch”, adaptado Shingo (1985)

1.3 Efeitos da Aplicação do Conceito SMED

Os equipamentos de produção são bens caros e com longos períodos de amortização, como tal é imperativo que produzam o mais possível.

O SMED foi desenvolvido com o intuito de manter a capacidade de produção dos equipamentos o mais próxima possível do seu máximo. As técnicas referidas anteriormente são fundamentais no alcançar de melhorias em todo o processo de produção, e cujos efeitos não se limitam aos tempos de preparação.

Em 1985 a média, estimada por Shingo, do tempo necessário para efectuar um setup (após implementação do SMED) situava-se em 2,5% do tempo necessário antes da implementação do conceito. Estas melhorias tornaram possível produzir para um único pedido, e não para stock de segurança. Isto implica o investimento mínimo em matéria-prima e em sistemas de armazenagem, já que é possível trabalhar sem stock de segurança. Permite também poupar em espaço e reduzir (em alguns casos elimina completamente) stock inutilizável de produto acabado, por má estimativa de consumo.

O aumento da taxa de utilização da capacidade instalada é, talvez, a melhoria mais óbvia. De facto, com uma drástica redução do tempo de setup, o tempo de funcionamento do equipamento aumenta proporcionalmente, bem como a produtividade da empresa. Os erros durante o setup diminuem dado que esta é, agora, uma operação mais simples e directa que anteriormente. Isto conduz a uma diminuição do nível da especialização necessária aos funcionários para operarem o equipamento.

Shingo reclama ainda vantagens qualitativas ao nível da eliminação das crenças dos operadores, e equipa de engenharia, sobre a impossibilidade de melhorar as operações de setup, e ainda sobre a nova atitude, em torno da melhoria constante, adoptada pelos envolvidos em programas de melhoria dos tempos de setup utilizando o conceito SMED, após a conclusão dos programas.

1.4 Aplicabilidade do SMED

O SMED é um conceito que originou na indústria metalomecânica. No entanto foi provado que tem um alcance transversal visto que foi aplicado, com sucesso, por indústrias doutros ramos de negócio.

De acordo com Sugai, Novaski, McIntosh (2006) a implementação do SMED pode não ser possível devido a condicionantes de ordem técnica, económica ou organizacional. Rech (2004) apresenta um estudo numa empresa metalúrgica em que houve falhas no processo de implementação do conceito SMED, destacando problemas organizacionais como: negligência durante o estágio estratégico de preparação para o SMED, falta de reuniões periódicas e insuficiente formação dos operadores na metodologia.

Como já foi referido anteriormente o SMED foi desenvolvido na indústria metalomecânica e, de acordo com Trovinger e Bohn (2005), tem sido aplicado principalmente em indústrias “low tech”. No entanto, no decorrer do artigo já referido detalham a aplicação do conceito a uma empresa de produção de PCB's. Demonstram a combinação de aspectos bem conhecidos da metodologia com a utilização de sistemas de informação, na verificação dos setups efectuados. Concluem com resultados interessantes sobre os benefícios obtidos.

A aplicabilidade bem sucedida do conceito está sujeita a uma preparação cuidada das etapas a seguir, ao apoio dos corpos gerentes, a uma boa formação sobre o conceito e vontade explícita de melhorar os processos, na forma de reuniões de trabalho periódicas.

Capítulo 2

Contexto do trabalho

2. Contexto do trabalho

2.1 Apresentação da Empresa

O Grupo SCHERDEL é líder mundial na conformação de metal. As suas actividades principais são a produção de molas técnicas (torção, tracção e compressão) e a produção de peças para a indústria automóvel. O Grupo tem sede em Marktredwitz na Alemanha.

A SCHERDEL – MOLTEC é o ramo português deste grupo que está a operar, totalmente sob a alçada do grupo, desde 1993. Certificada segundo a ISO 9001:2000 e ISO/TS 16949:2000, a empresa tem sentido alguns problemas na sua produção, especialmente depois da saída de recursos humanos extremamente qualificados na área de produção de molas. Tanto o sector da compressão como o sector da torção-tracção foram afectados. A compensação na torção-tracção foi feita de forma mais harmoniosa devido à existência de um operador familiarizado com o processo, o mesmo não se pode dizer da compressão.

A Administração da empresa procedeu à contratação de operadores bem menos qualificados, face aos que entretanto saíram. Desde então o sector da compressão tem sido o mais problemático aos níveis de produção e qualidade. Invariavelmente os tempos de setup são largamente ultrapassados e a qualidade do output deveras oscilante.

O sector automóvel não é propriamente benevolente; a qualidade dos produtos comprados é criteriosamente escrutinada e, não raras vezes, uma reclamação acarreta custos elevados para o fornecedor. Se a isto acrescentarmos os custos em que a empresa incorre enquanto os equipamentos estão parados e/ou em preparação, a dimensão do problema agrava-se de sobremaneira.

Com este cenário torna-se urgente a tomada de medidas com vista a eliminar o problema, trazendo eficiência, rapidez e qualidade à produção neste sector.

2.2 Descrição do Problema

Para fazer uma análise crítica da situação existem 5 pontos que importa focar com atenção:

- Formação
- Responsabilidades
- Organização do local de trabalho
- Organização das tarefas envolvidas
- Manutenção

2.2.1 Formação

Os operadores contratados para substituir os que saíram, apresentavam pouca ou nenhuma formação / experiência neste ramo. À data de início deste trabalho, os novos operadores ainda não tinham feito um ano de casa. Segundo se apurou, apenas um deles teve alguma formação, mas que se revelou relativamente infrutífera dado que o seu “formador”, ao que parece, não era muito propenso a transmitir conhecimentos.

A preparação da maquinaria deste sector, actualmente, necessita de operadores com elevado grau de conhecimentos específicos. Os setups são algo complexos já que o número de variáveis a ter em conta é bastante elevado, mesmo usando maquinaria que recorre ao uso de microprocessadores.

2.2.2 Responsabilidades

Não existe uma descrição do método de trabalho a usar neste sector. Os operadores por si sós desenvolvem-no com pouca ou nenhuma influência externa. Este tipo de liberdade leva, frequentemente, à adopção de métodos pouco eficientes e à frustração dos operadores sempre que chamados à atenção.

A apresentação e explicação dum esqueleto de como trabalhar em determinado sector, é o primeiro indicador, para um novo operador, de como a empresa pretende que ele trabalhe e o que dele espera.

2.2.3 Organização do local de trabalho

Para uma rápida preparação da maquinaria é necessário dispor de todas as ferramentas e utensílios necessários à distância de um braço, e as bancadas e superfícies de colocação de peças desimpedidas. O local de trabalho encontrado é alvo, especialmente, de desarrumo das ferramentas. Os carrinhos de ferramentas disponíveis nem sempre contêm as ferramentas necessárias, seja por falta delas, o que é raro, seja por falta de preocupação do operador em voltar a colocar a ferramenta no lugar adequado, algo já bastante mais frequente.

2.2.4 Organização das tarefas envolventes

Actualmente um operador necessita de ir buscar uma ordem de fabrico ao Departamento de Qualidade, deslocar-se até ao laboratório para levantar o processo da mola, tirar uma cópia da ficha de auto-controlo no Departamento de Qualidade, volta a levar o processo original ao laboratório, seguidamente dirige-se ao armazém de matéria-prima para fazer a requisição do arame, e só depois volta ao seu posto de trabalho para iniciar a preparação da máquina para a produção que recolheu. Entretanto, a máquina esteve parada.

As distâncias percorridas ainda são consideráveis e o tempo dispendido torna-se, também, considerável. O impacto no tempo de preparação de máquina torna-se óbvio.

2.2.5 Manutenção

Existe um sector dedicado à manutenção, mas é responsabilidade dos operadores fazerem algumas das manutenções periódicas e declarar

utensílios de conformação da mola (buris de corte, dedos e desviadores) como inutilizáveis e a necessitar de reparação.

Estas acções raramente são feitas. Durante este trabalho assistiu-se a paragens de máquina porque alguns dos pontos da manutenção não tinham sido executados a tempo, e algumas vezes com grave prejuízo para o estado de operacionalidade do equipamento.

No entanto não é opinião do autor que a execução de algumas das manutenções seja feita pelo operador.

2.3 A Mola de Compressão

A mola de compressão é um dos vários tipos de molas fabricadas pela SCHERDEL – MOLTEC, S.A.

Este produto tem várias áreas de aplicação sendo que a predominância de clientes está no ramo automóvel.

A mola de compressão é feita a partir de vários tipos de arame (INOX, liso, fosfatado, etc.), que são fornecidos em bobines com pesos brutos que podem atingir meia tonelada. As suas qualidades variam de acordo com a directiva (DIN ou EN) usada como referência na sua fabricação.

As principais características que definem uma mola de compressão são:

- Diâmetro externo
- Diâmetro interno
- Diâmetro médio
- Espessura do arame
- Comp. da mola em repouso (L0)
- Número de espiras
- Rectidão
- Paralelismo

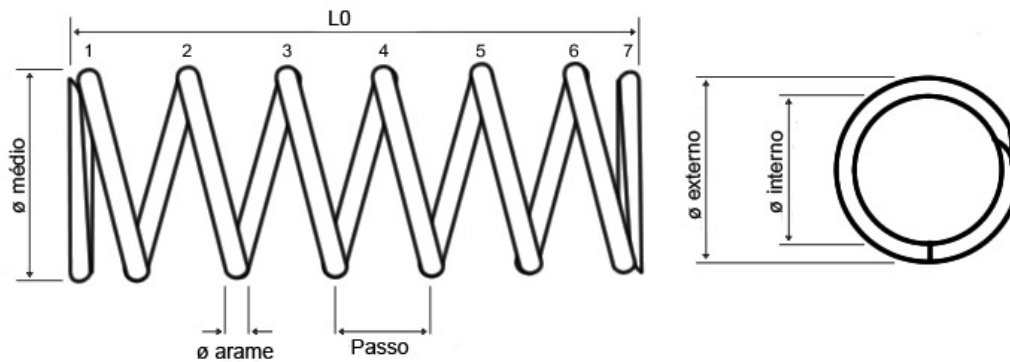


Figura 3 – Representação de uma mola de compressão e suas características principais

A Rectidão é o desvio que o corpo da mola sofre, em relação ao ângulo recto formado pelo plano de assentamento e uma linha vertical imaginária. O Paralelismo é o desvio que os topos da mola sofrem, face ao plano de assentamento da mola.

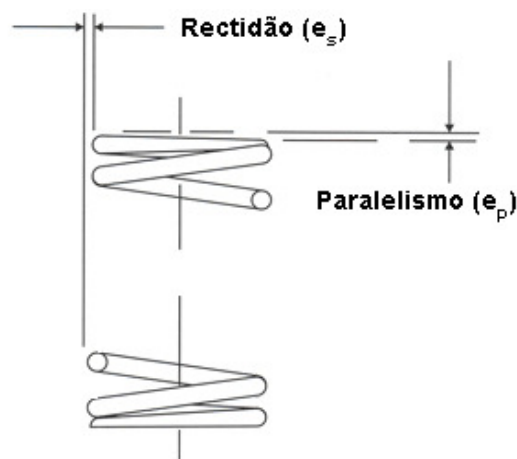


Figura 4 – Rectidão e Paralelismo

A mola é conformada num posto de trabalho que contém uma parábola – equipamento eléctrico, controlado pela máquina de conformação, que vai disponibilizando o arame – o equipamento de produção propriamente dito, isto é, aquele que de facto conforma o arame, e um dispositivo de controlo, nem sempre utilizado, para fazer a verificação do L0 da mola. O equipamento de produção é flexível o bastante para permitir variados tipos de molas.

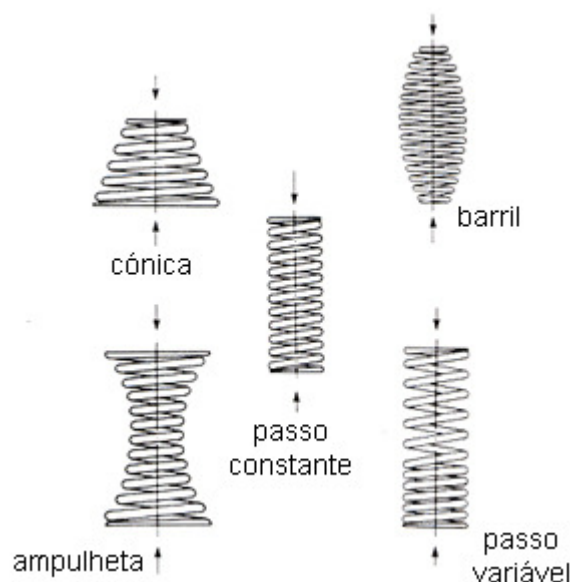


Figura 5 – Tipos de molas de compressão

2.3.1 O processo de fabrico

Uma mola de compressão segue um processo de conformação bem definido dentro da empresa.

A ordem de produção e a requisição de arame são colocadas, regra geral, de acordo com o prazo de entrega num ficheiro, que está dentro do Departamento de Qualidade (DQ), composto por gavetas e a cada uma das quais corresponde um equipamento de produção.

O operador do equipamento assim que termina a ordem em execução sai da sua zona normal de trabalho e desloca-se até ao DQ para recolher a próxima ordem de fabrico. Assim que a recolhe, começa por dirigir-se ao Controlo de Qualidade (CQ) para fazer o levantamento do processo da mola – o processo da mola é um ficheiro onde estão registadas todas as características da mola, versões antigas e não conformidades ocorridas – e fazer uma cópia da ficha de auto-controlo. A ficha de auto-controlo declara todas as cotas a respeitar durante a produção e pede registos no início da produção, troca de bobine de arame ou mudança de turno.

O operador, na posse da ficha de auto-controlo e o resto da documentação, dirige-se ao Armazém de Matéria-Prima para fazer a solicitação desta apresentando a requisição de arame. Após esta entrega o operador dirige-se ao posto de trabalho onde vai executar a ordem de produção.

Começa por limpar a máquina e remover as ferramentas que estavam da ordem anterior. Entretanto, do Armazém de Matéria-Prima, chega o arame requisitado que é colocado na parábola.

Montam-se as ferramentas para o novo trabalho, introduz o arame no equipamento e inicia o setup para conformação da mola. Assim que o setup é dado como terminado, molas de teste são levadas ao forno – se feitas em INOX são revenidas a 300 °C, se feitas noutro arame qualquer são revenidas a 240 °C – posteriormente ou sofrem a operação de esmerilagem ou passam directamente à verificação porque parte do CQ. Aqui as cotas relevantes da mola são verificadas bem como a sua geometria e força em determinado(s) comprimento(s). Caso as molas estejam de acordo com as especificações do cliente, o CQ emite o “Arranque” – figura que denomina início da produção em série – caso contrário, o processo volta ao setup de conformação, para corrigir os erros encontrados.

O revenimento é uma técnica que permite aumentar a ductilidade e elasticidade do material e é especialmente indicada para a produção de molas, dado que fornece ao produto características fulcrais para a acção a desempenhar.

Revenir consiste no aquecimento das peças a uma temperatura entre os 200 °C – 350 °C durante 10 – 20 minutos e depois o seu arrefecimento à temperatura ambiente.

A investigação sobre esta técnica mostra que o revenimento é, por norma, executado após têmpera prévia, e durante 1 a 3 horas. No entanto a empresa não utiliza este protocolo. Esta operação é executada num forno próprio.

A esmerilagem é um processo onde, através de um material abrasivo, é retirado arame às espiras dos topos da mola, de forma a dar-lhe melhor assentamento, cuja execução é feita em equipamento específico.

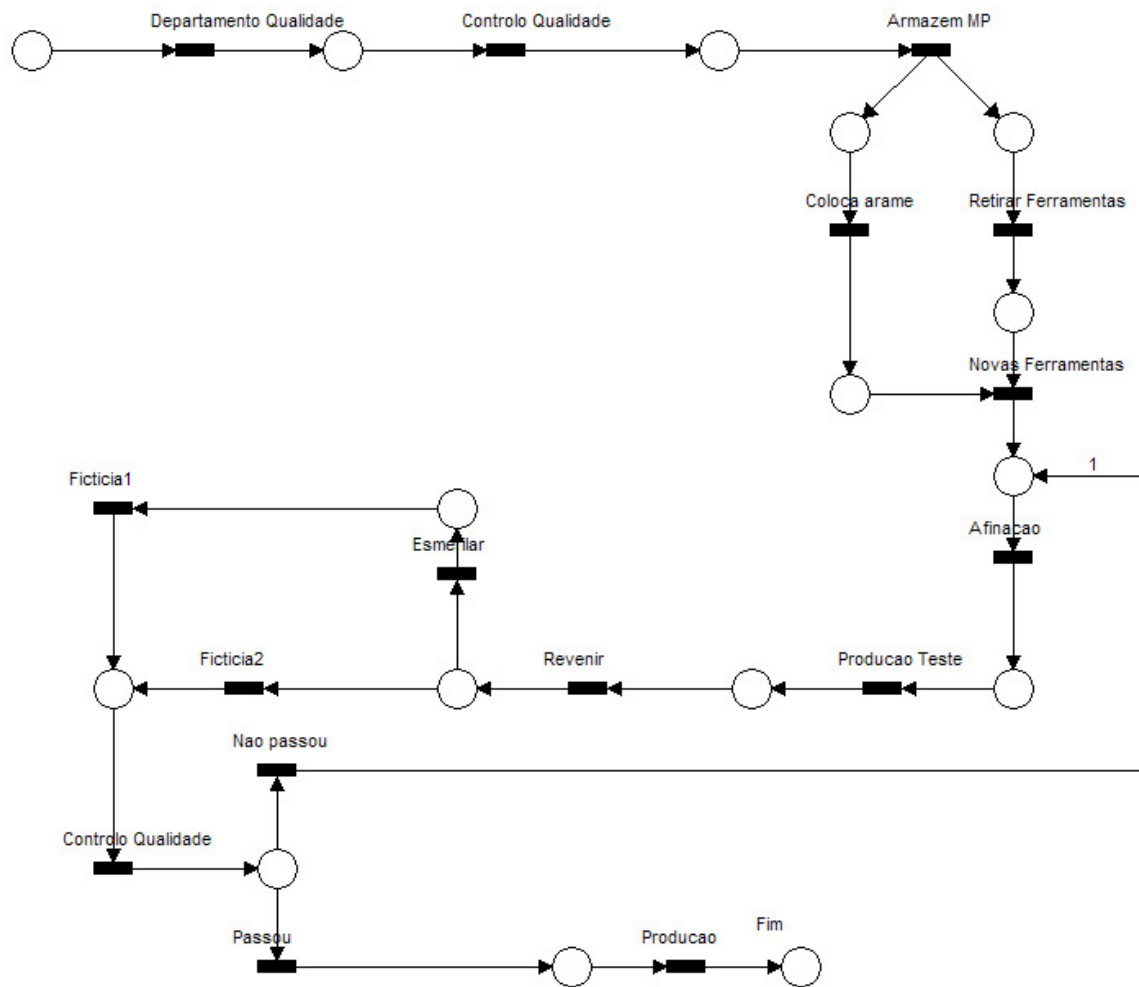


Figura 6 – Processo de conformação das molas de compressão

2.3.2 Ferramentaria específica

O equipamento de produção de molas de compressão, bem como equipamentos para outros tipos de molas, possuem ferramentas específicas que permitem a conformação do arame de acordo com características previamente definidas. As ferramentas são fornecidas com o equipamento e são de índole generalista, isto é, servem para cobrir 95% dos casos que podem ser produzidos na máquina (estimativa dada pelos operadores).

O equipamento em análise opera com as seguintes ferramentas:

- dedos
- buril de corte
- rodas
- desviador
- cortante
- guias

Os dedos (Figura 7.1) são ferramentas que conduzem o arame dando-lhe a forma pretendida e permitem conferir tensão ao material. Têm um canal aberto na extremidade de contacto, com a espessura do arame a ser utilizado. São acoplados a corpos que se movem obliquamente, de acordo com a programação feita no microprocessador do equipamento.

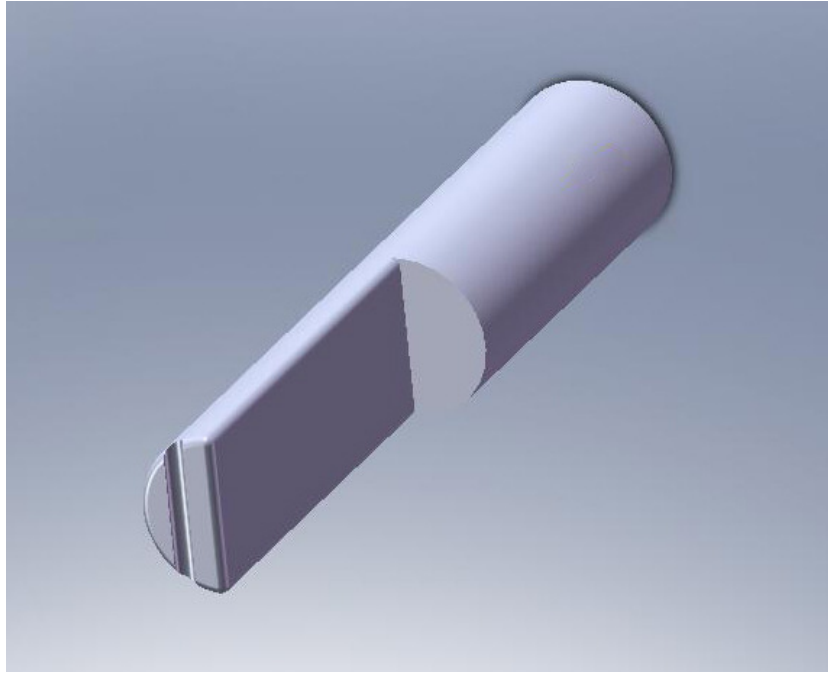


Figura 7.1 – Ferramenta de conformação: dedo

O buril de corte (Figura 7.2) é uma ferramenta com dois propósitos. O principal é a separação (por corte) da mola já feita, do arame ainda por conformar. O propósito secundário é o de auxiliar na execução do diâmetro da mola, em ajustes pontuais e mínimos.

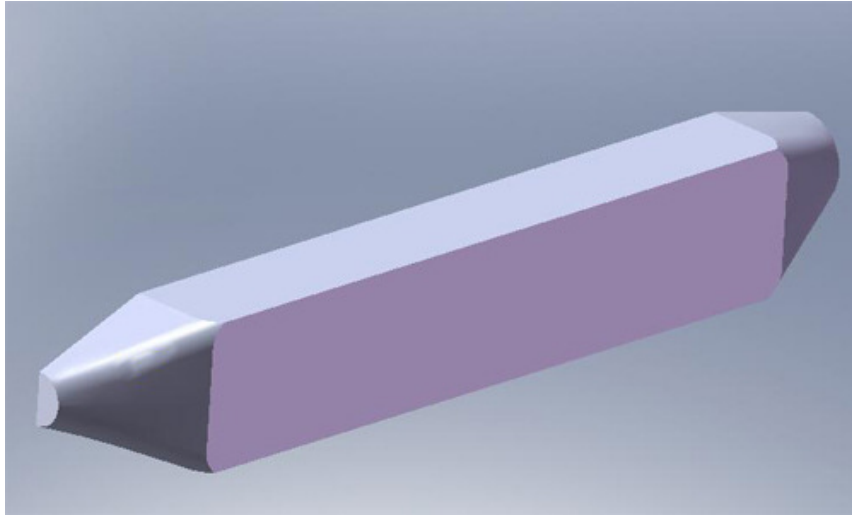


Figura 7.2 – Ferramentas de conformação: buril de corte

O buril é uma peça que em cada uma das extremidades apresenta um semi-círculo com um diâmetro específico. A escolha do buril está condicionada à adequação do diâmetro de um dos semi-círculos ao diâmetro interno da mola.

As rodas são os elementos que puxam o arame directamente para a transformação do arame em mola. Podem ser utilizadas aos pares ou em quartetos e têm sulcos da espessura do arame a ser utilizado, como se pode ver na Figura 7.3 .

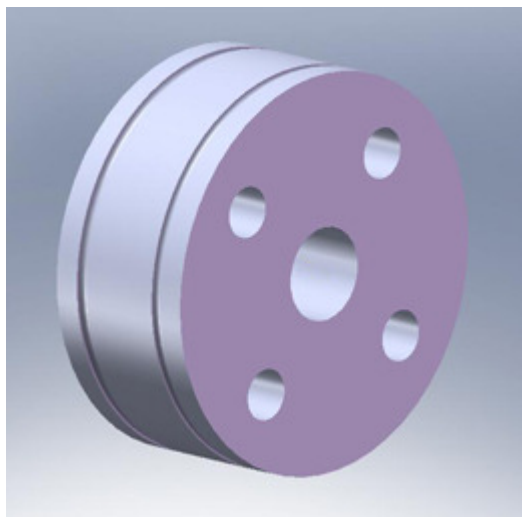


Figura 7.3 – Ferramentas de conformação: roda

O desviador (Figura 7.4) é a ferramenta que dá o passo à mola. Sofre, numa primeira fase, um ajustamento manual e depois ajustamento directamente

a partir da programação no microprocessador.

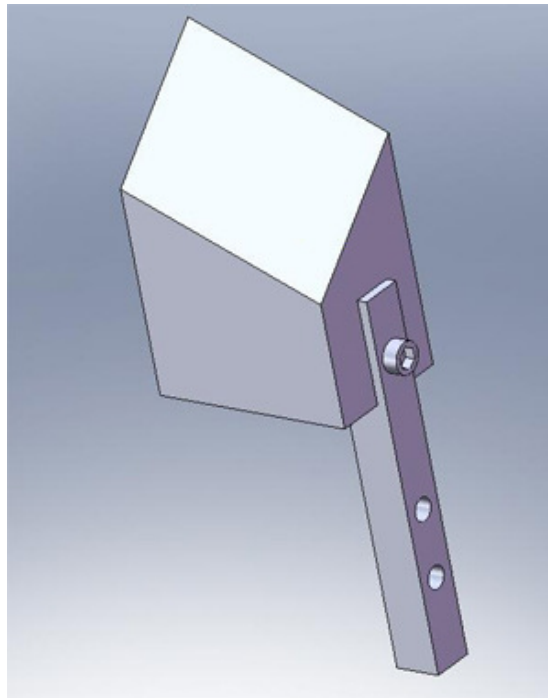


Figura 7.4 – Ferramentas de conformação: desviador

O movimento desta peça é vertical. Quando sobe ataca o arame induzindo o passo. Quando desce as espiras mantêm-se unidas.

O cortante (Figura 7.5) é a ferramenta que corta o enrolamento do arame da bobine, dando origem assim à mola propriamente dita. É apenas uma barra de metal que tem de ser meticulosamente ajustada, para executar o corte do arame sem bater no buril de corte. Esta ferramenta, de acordo com o setup feito no corpo que a movimenta, executa um movimento rectilíneo ou circular descendente para fazer o corte.

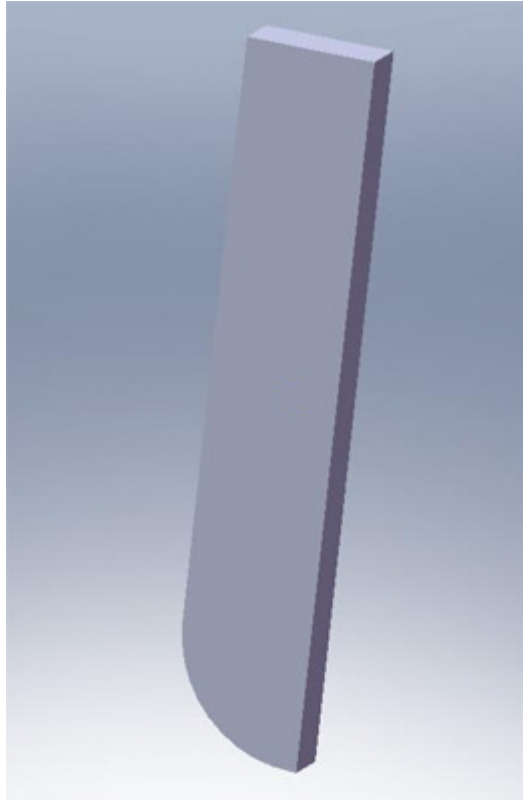


Figura 7.5 – Ferramentas de conformação: cortante

Os guias de arame (Figura 7.6) têm como função levar este, livre de qualquer tensão de enrolamento, até à zona de conformação. Existem 3 tipos de guia; o externo, o médio e o interno. Na Figura 7.6 representa-se um guia médio.

Estas ferramentas quando conjugadas e postas a trabalhar dão origem ao tipo de molas exemplificadas na Figura 8 .

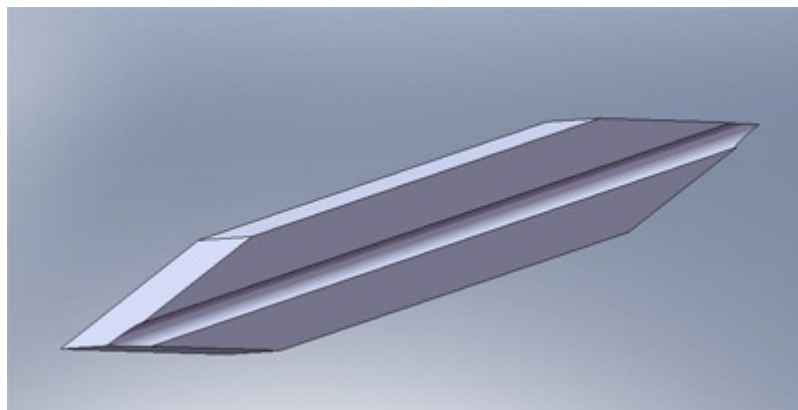


Figura 7.6 – Ferramentas de conformação: guia de arame (médio)

A forma como estas ferramentas trabalham é exemplificada no Figura 8, que se mostra a seguir.

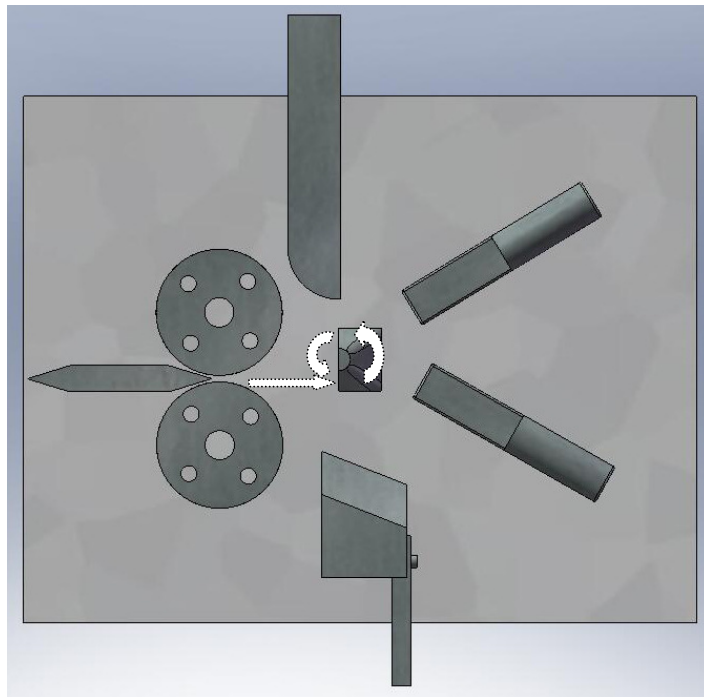


Figura 8 – Disposição básica das ferramentas de conformação

As setas brancas representam o movimento sofrido pelo arame.

O arame, impulsionado pelas rodas e guiado pelo guia de arame, entra em contacto com os dedos que lhe vão dar a forma. Os dedos, como referido anteriormente, executam um movimento oblíquo. Isto é especialmente verdade, se a mola tiver variações de diâmetro durante a dispensa de arame, como sejam os casos das molas de Barril ou Ampulheta. O seu corpo cilíndrico permite que seja ajustada a inclinação do rasgo, para que se possa aumentar ou diminuir a tensão de enrolamento.

O desviador, é levado acima para entrar em contacto com o arame, durante a dispensa deste, e assim poder induzir o passo definido. A descida da ferramenta implica que todas as espiras fiquem unidas e o passo será, portanto, nulo.

O cortante é lançado em movimento descendente sempre que a mola está totalmente conformada, para que possa ser separada da bobine de arame.

Capítulo 3

Dados Recolhidos e Metodologia Proposta

3. Dados Recolhidos e Metodologia Proposta

3.1 Dados Recolhidos

Os tempos de produção são registados, ainda que de forma não detalhada, em software de produção especialmente desenhado para o efeito. Recorrendo a essa valiosa fonte de informação recolheram-se os dados de produção, para a máquina em questão, relativos ao primeiro quadrimestre de 2008. Um tratamento estatístico simples destes dados produz resultados dramáticos ao nível das perdas de produção.

Setup Teórico (Média) (h)	1.33	Dif SR-ST (h)	212.01
Setup Real (Média) (h)	6.50	SR/ST	4.89
Prod. Teórica (Média) (h)	20.76	Ordens perdidas (total)	9.60
Prod. Real (Média) (h)	19.76	Ordens perdidas (mês)	2.40
Prod. (Média) (pcs)	177,858.66	Volume perdido (pcs/mês)	426,756.80

Tabela 1 – Comparação de dados de produção

Por Dif SR-ST (h) entende-se a diferença entre o total das horas utilizadas no Setup Real e o total das horas previstas pelo Setup Teórico. SR/ST é o rácio entre o Setup Real e o Setup Teórico e permite-nos saber quantos Setups Teóricos equivalem a um Setup Real.

Setup real vs Setup teórico

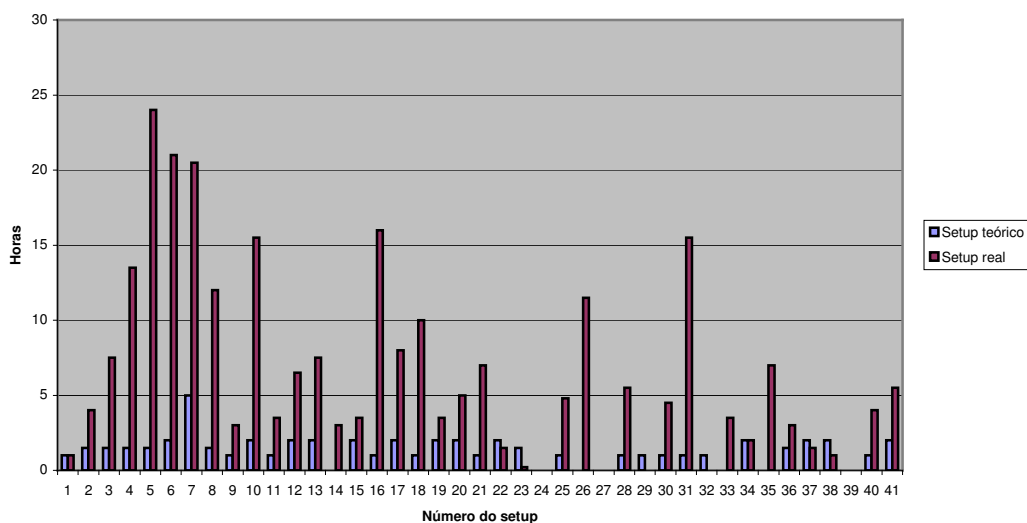


Gráfico 1 – Setup Teórico vs Setup Real

Foram utilizados valores médios para se obter uma perspectiva abrangente do problema.

A máquina utilizada para estudo apresenta, neste momento, gastos de tempo de setup cinco vezes superiores ao estipulado pela administração da empresa. Este dado traduz-se numa média de 426.756 peças a menos, na produção mensal.

Nos quatro meses considerados, mais de milhão e meio de peças não foram produzidas devido às ineficiências.

Não se podem fazer comparações ao nível das perdas financeiras por manifesta falta de informação, mas os resultados em horas conseguem produzir um efeito igualmente alarmante.

Como referido anteriormente, os operadores desta secção não obtiveram formação específica para desempenhar as suas funções. Além disso, são responsáveis por mais cinco equipamentos. O desdobramento torna-se difícil e não são de espantar os tempos obtidos na Tabela 1. Ainda assim estes valores são válidos, uma vez que são dados reais e importantes, para uma análise geral do desempenho da unidade fabril.

A estada prolongada no chão-de-fábrica mostrou que a arrumação e organização das ferramentas da secção não são as melhores. Dos movimentos mais frequentes e ao mesmo tempo desnecessários destacam-se a procura de ferramentas (por deficiente arrumação após terem sido previamente usadas) e a reconfiguração, ao esmeril, dos buris de corte. A primeira actividade apenas consome tempo, ao invés que a segunda acrescenta a inutilização de uma ferramenta para uma série de outros trabalhos, o que levará, com certeza, a uma paragem forçada na produção quando essas referências necessitarem de ser produzidas. A liberdade dos operadores poderem alterar as ferramentas quando e como entendem, é algo extremamente nefasto para a empresa.

Não existe uma sequenciação padrão das tarefas, sendo executadas à medida que o operador vê necessidade de as executar, sem ter em conta níveis de eficiência. Apesar da facilidade de elaborar uma sequência eficiente das tarefas, o seu cumprimento torna-se difícil pelo facto de existirem várias máquinas à responsabilidade do operador. Foi, no entanto, realizado o diagrama de tarefas a executar para preparar com sucesso uma ordem de produção.

Este tipo de maquinaria, ainda que suportado por microprocessadores é passível de variação nas cotas do produto. Como tal é necessário acompanhamento, por parte dos operadores, de forma a garantirem a consistência da qualidade do lote. Como os operadores deste sector têm mais cinco máquinas para atender, este acompanhamento é, previsivelmente, insuficiente. No entanto não existe a obrigatoriedade de executar controlo de produção.

Está estabelecido documentalmente, que alguém do Controlo da Qualidade deverá passar, periodicamente, pelas máquinas e fará a avaliação de cinco peças acabadas de produzir. A execução, regular, desta tarefa não existe. Os operadores das máquinas só têm a obrigatoriedade de preencher a ficha de auto-controlo sempre que iniciam ou terminam o lote, ou quando o rolo de arame é mudado dentro do mesmo lote.

A manutenção também não é executada com a frequência desejável sendo por isso, frequentemente, correctiva ao invés de preventiva. Isto é válido tanto para a maquinaria como para as ferramentas de conformação e corte da mola. Este problema reside na actuação dos operadores, que não executam as manutenções de acordo com os planos de manutenção periódica e não fazem inspecções regulares às ferramentas de conformação da mola.

A verificação regular da execução destas tarefas é de importância vital para manter o bom funcionamento operacional dos equipamentos e ferramentas. A implementação de um sistema de monitorização da execução da manutenção seria uma ferramenta bastante útil.

3.1.1 Análise aos tempos recolhidos

Começou por se definir qual a sequência que os operadores entendem como a necessária para executarem o seu trabalho. A Figura 9 demonstra como:

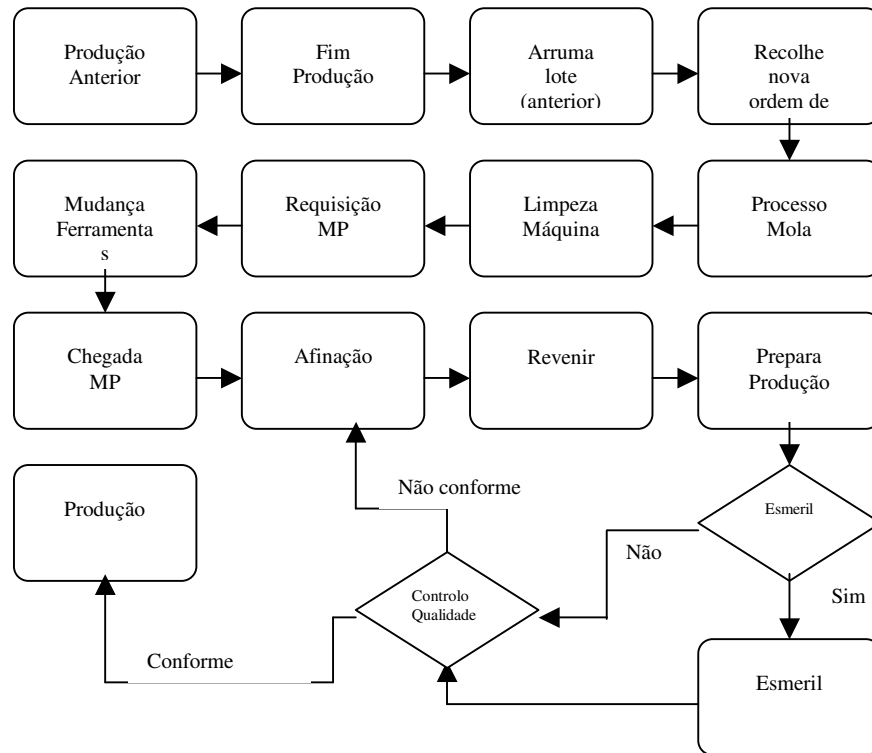


Figura 9 – Diagrama das tarefas de uma preparação

De acordo com as fases do SMED, procedeu-se à análise do diagrama da Figura 9 para se poderem identificar quais os setups internos e quais os externos. A Figura 10 resume mostra a distinção entre tarefas.

Seguidamente procedeu-se à reorganização das tarefas tentando converter o máximo de tarefas internas em tarefas externas, conforme a Figura 11.

O próximo passo está relacionado com a recolha de tempos destas operações em particular. Devido ao detalhe do diagrama optou-se por criar um outro, mais genérico, que reflectisse com fidelidade o que acontece, mas que permitisse agrupar operações e, portanto, tornar a retirada de tempos mais fácil.

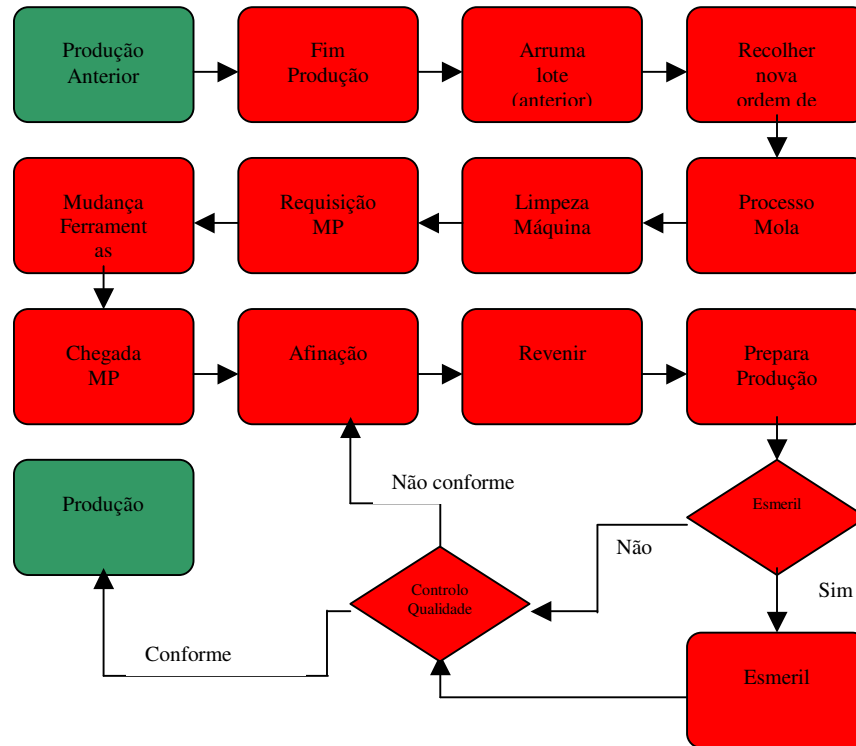


Figura 10 – Distinção entre setups internos e externos. **Vermelho:** Setup Interno; **Verde:** Setup Externo

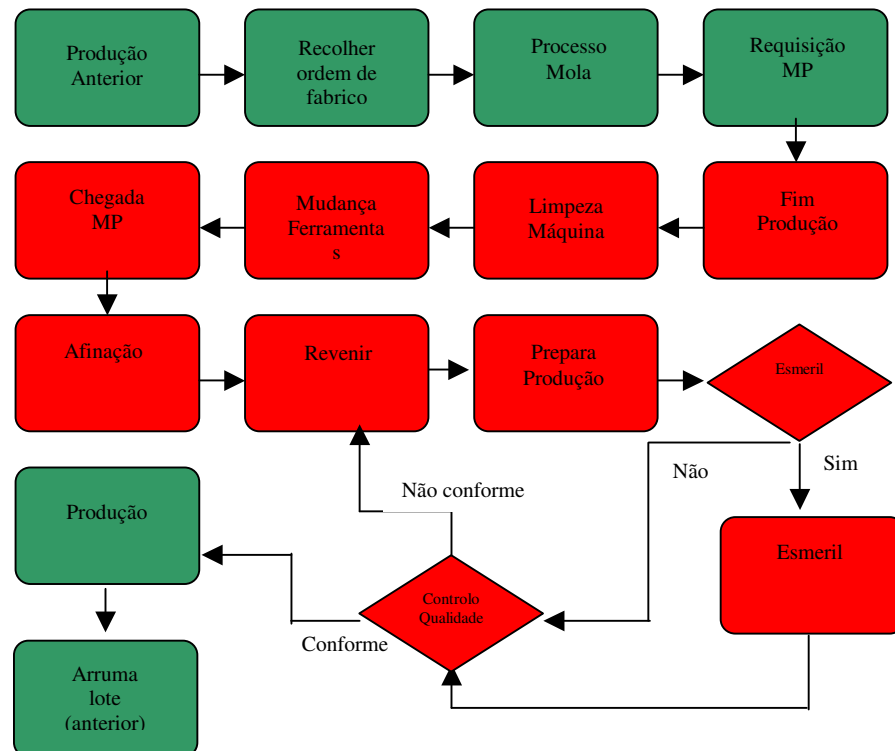


Figura 11 – Processo de setup reorganizado. **Vermelho:** Setup Interno; **Verde:** Setup Externo

Com o novo diagrama executado, criou-se uma folha de cálculo para auxiliar na obtenção dos tempos. A folha apenas reproduziria valores com resolução ao minuto, o que é perfeitamente suficiente

A empresa trabalha com dois turnos. Um matutino e outro vespertino. Nem sempre foi possível cronometrar uma preparação de máquina do início. No entanto quando se começava a recolha do início, a maioria das vezes, a preparação era interrompida para assistência a outra máquina. Como tal, algumas entradas de dados estão incompletas, mas se utilizarmos a média dos valores para comparar com os obtidos pelo software de registo de produção, constata-se que o tempo médio de execução de um setup não é muito díspar e portanto, poderemos usar os tempos da Tabela 2 para retirar conclusões. A disparidade dos valores prende-se com arredondamentos feitos pela pessoa encarregue de dar entrada dos tempos no software de registo de produção.

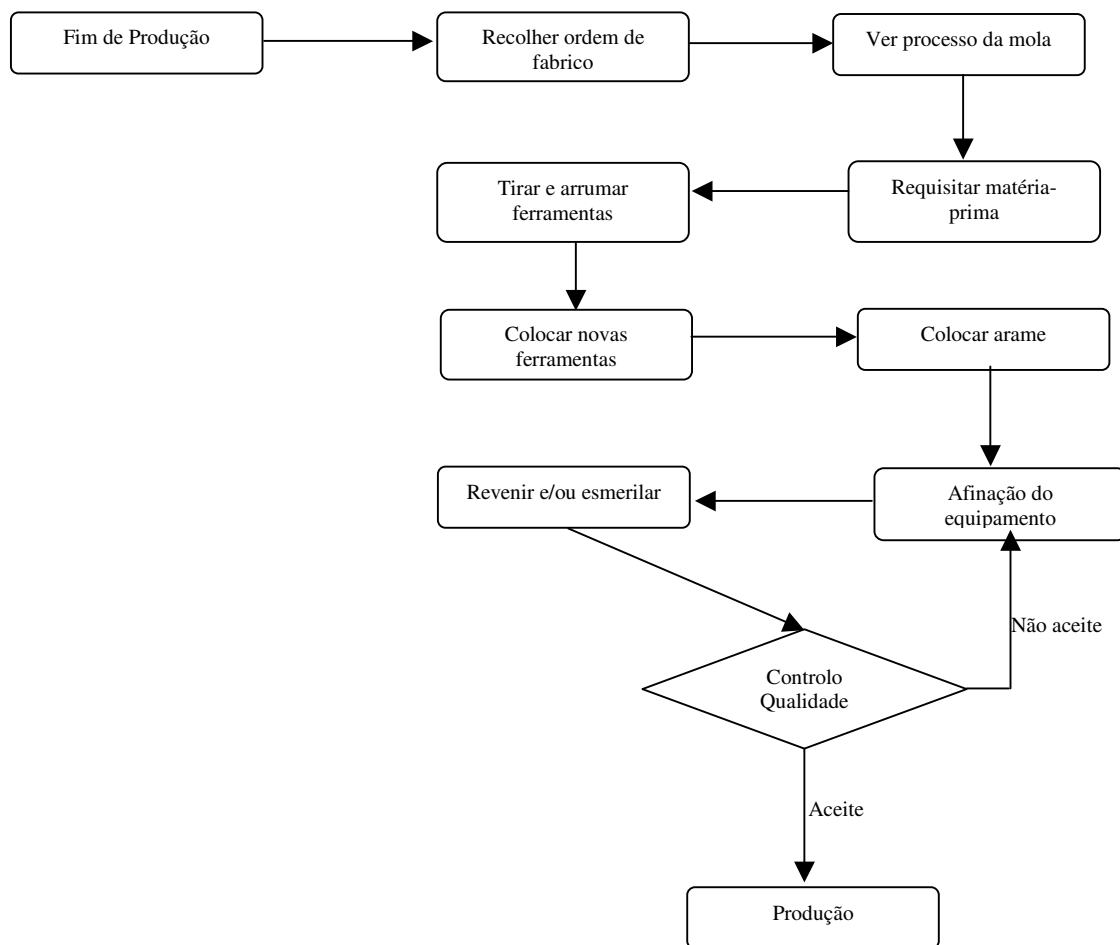


Figura 12 – Diagrama para recolha dos tempos de setup

Operação	Ref. 1	Ref. 2	Ref. 3	Ref. 4	Ref. 5	Ref. 6	Ref. 7	Ref. 8	Totais	Média
OP										
PM	00:15:00	00:05:00							00:20:00	00:10:00
rMP	00:02:00	00:05:00		00:30:00				00:07:00	00:44:00	00:11:00
FerrOFF	00:06:00	00:22:00		00:15:00	00:15:00	00:20:00	00:23:00	00:25:00	02:06:00	00:18:00
FerrIN	00:02:00	00:07:00			00:16:00	00:05:00	00:11:00		00:41:00	00:08:12
ArIN		00:07:00		00:07:00		00:01:00	00:33:00	00:10:00	00:58:00	00:11:36
Ajuste		00:33:00	02:36:00	01:06:00	00:19:00	00:25:00	06:18:00	01:55:00	13:12:00	01:53:09
Revenimento		00:19:00	01:59:00	01:22:00	00:22:00	00:19:00	00:15:00	01:10:00	05:46:00	00:49:26
Esmerilagem				00:08:00				00:11:00	00:19:00	00:09:30
CQ		00:30:00		00:39:00	00:50:00	00:35:00	00:05:00	00:15:00	02:54:00	00:29:00
Reajuste		00:10:00		00:29:00			03:35:00		04:08:00	01:22:40
Total Real	00:25:00	02:18:00	04:35:00	04:30:00	02:02:00	01:45:00	11:20:00	04:13:00	31:08:00	05:42:32
Total Teórico	02:00:00	02:00:00	01:00:00	01:00:00	01:00:00	01:00:00	01:30:00	02:00:00	13:30:00	01:30:00

Legenda										
OP – Recolha de nova ordem	PM – Recolha do processo da mola	rMP – Requisição de Matéria- prima	FerrOFF – Retirada de ferramentas	FerrIN – Montagem de novas ferramentas	ArIN – Montagem do arame na parábola	CQ – Controlo de Qualidade				

Tabela 2 – Tempos de setup

Na Tabela 2, o não aparecimento de tempos é indicativo de que não se conseguiu medir durante a preparação.

Analisando os dados da Tabela facilmente concluímos que o maior desperdício de tempo é nos ajustes da máquina (setup). São necessárias cerca de duas horas para os operadores concluírem um ajuste. Sempre que é necessário um reajuste são gastas mais 1 hora e 22 minutos. A soma dos tempos dos ajustes ultrapassa já, largamente, o definido pela administração para os setups da máquina (tempo em que a máquina não produz peças boas, entre produções diferentes).

Uma grande percentagem das molas produzidas neste equipamento estão sujeitas a revenimento. Como tal, durante o ajuste, é necessário fazer o revenimento de uma pequena amostra para que o arranque de produção seja viabilizado pelo Controlo de Qualidade. Pela Tabela 2 a operação de revenimento consome, em média, 49 minutos do total do processo. Este é um valor anormal uma vez que o revenimento padrão é de apenas 10 minutos. Esta discrepância deve-se às constantes alterações da temperatura do forno.

Quando o arame utilizado é INOX, o forno tem de ser elevado a 300 °C, caso contrário fica-se pelos 240 °C. A subida da temperatura é relativamente

rápida, ainda que seja um tempo morto. A descida de temperatura é por seu turno, extremamente lenta.

Para além das óbvias perdas de tempo, temos que ter em conta os consumos de energia potenciados pelas constantes mudanças.

Ao Controlo de Qualidade é pedida a confirmação das cotas críticas da mola em preparação, para que possa ser dado o aval de início de produção, vulgo arranque de máquina. Segundo os tempos da Tabela 2 este processo demora em média 22 minutos.

Regra geral, as molas feitas no equipamento estudado são obrigadas a cumprir requisitos mínimos de força à compressão. A empresa tem na sua posse uma balança automática programável que executa este tipo de testes, no entanto algumas referências são ainda testadas na balança manual. Isto deve-se aos factos seguintes: (1) o software utilizado não ser o mais actualizado, perdendo-se aí alguma flexibilidade no tipo de testes que se podem executar, e (2) existirem molas compridas que para serem testadas necessitam de um guia, que não existe na balança automática.

Existem também horas de ponta na requisição, por outros sectores, dos serviços do Controlo de Qualidade.

3.1.2 O Setup e o Operador

A observação dos métodos de trabalho utilizados pelo operador para executar o setup da máquina em estudo revelou que:

- As ferramentas da máquina estão afastadas desta
- As ferramentas de utilização geral estão dispersas
- O operador não segue sempre a mesma sequência de operações base
- O operador queixa-se de falta de formação específica

A operação de um equipamento de produção deve ser preparada com cuidado. A amortização de equipamentos no valor de largos milhares de euros só pode ser feita rápida e eficazmente, se este funcionar de acordo com a sua

capacidade, executando trabalho de qualidade. A parte fácil é colocá-lo a funcionar; fazê-lo produzir com qualidade é o maior desafio. Para este objectivo ser atingido é necessário obter o envolvimento do operador providenciando a sua formação, condições de trabalho e motivação. Segundo Steudel e Desruelle (1992), a longo prazo o dinheiro gasto na formação deixa de ser um custo para ser um investimento. Não é difícil perceber-se porquê. A formação permite que o operador se familiarize, de um forma consistente e estruturada, com as funcionalidades e possibilidades do equipamento, aumentando de sobremaneira a fluidez do seu trabalho e consequentemente a produção da empresa. Uma força de trabalho mais qualificada e mais auto-confiante é uma vantagem competitiva adicional (Steudel e Desruelle, 1992).

As condições de trabalho são outra vertente a ter em consideração. A organização e disposição das ferramentas auxiliares são tão importantes como a própria formação. Das informações obtidas através dos operadores, umas das queixas mais frequentes é o desarrumo das ferramentas e, de facto, foram por várias vezes testemunhadas actividades de procura das mesmas antes e durante o ajuste de máquina.

O local de trabalho propriamente dito, nem sempre é mantido da forma mais adequada pelos operadores. Durante as preparações de máquina as peças de ajuste são deixadas cair ao chão e só no fim é que são limpas. A empresa tem contentores para sucata de INOX e outros. O facto de se deixarem cair as peças de ajuste ao chão propicia a que INOX e outros tipos de arame sejam misturados, ficando a sua correcta separação comprometida. Por várias vezes se testemunhou este tipo de ocorrência.

Os operadores são novos no ofício. A sua contratação deveu-se à saída de outros mais experientes. A transição não foi suave e isto reflectiu-se nos tempos de preparação e qualidade das peças produzidas. A empresa, no que toca aos operadores das máquinas, baseia-se muito no conhecimento implícito de cada um. Não existem mecanismos para tornar os conhecimentos adquiridos ao longo do tempo, em conhecimento explícito. Como tal a empresa fica extremamente exposta quando existe mudança de activos humanos na estrutura de produção.

Além disso, a arte em si não tem uma curva de aprendizagem suave. As variáveis a ter em conta são muitas e todas se influenciam mutuamente, aumentando de forma acentuada o grau de dificuldade.

3.2 Metodologia Proposta

Com este trabalho pretende-se agilizar as tarefas de setup da máquina bem como toda a envolvente. Como tal, todo o caminho percorrido para a execução de uma ordem de fabrico será alvo de sugestões de melhoria.

Vamos iniciar esta descrição pelo início do todo o processo.

3.2.1 Distribuição das Ordens de Produção

As ordens de produção são emitidas pelo Departamento de Métodos, o qual anexa também a ficha de matéria-prima e o desenho da mola. A ordem de fabrico é então depositada na gaveta da respectiva máquina no Departamento de Qualidade e ordenada pela data de entrega.

O operador, depois de terminar a ordem em produção, dirige-se ao Departamento de Qualidade para retirar a ordem seguinte. Seguidamente dirige-se ao Controlo de Qualidade para levantar o processo da mola e fazer uma fotocópia da ficha de auto-controlo respectiva. Depois de arrumar o processo e já com a fotocópia em sua posse, dirige-se ao armazém de Matéria-Prima para depositar a ficha de matéria-prima do lote que vai para produção. Só depois se dirige para a máquina e inicia a preparação desta.

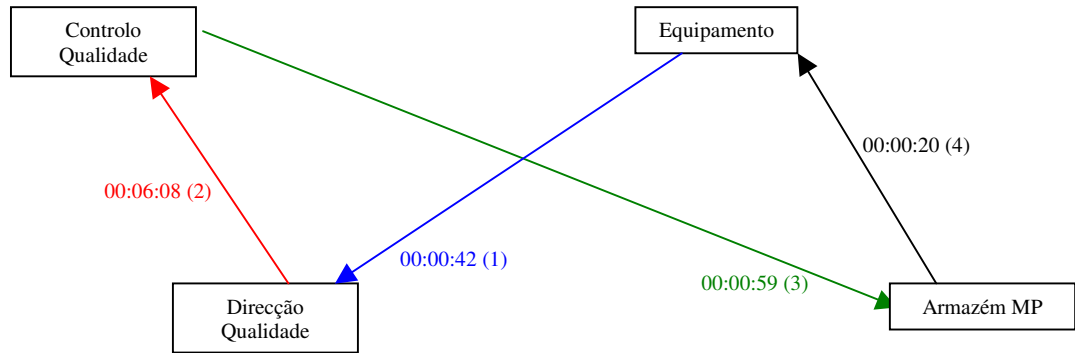


Figura 13 – Sequência e tempos das operações para recolha de ordens de produção

Em passo normal, e assumindo a continuidade de todo o processo, esta pequena viagem pelo chão de fábrica, deveria consumir ao operador cerca de 8 minutos. Isto representa o tempo necessário para instalar novas ferramentas, segundo os tempos médios encontrados e apresentados na Tabela 2. No entanto, e ainda de acordo com a Tabela 2, vemos que necessita em média de 21 minutos ($\overline{PM} + \overline{rMP}$) para executar estas tarefas ($\overline{OP} = 0$, por não ter sido possível medir), no entanto vamos considerar $OP = \text{Figura 13 (1+4)}$.

Para se proceder ao ganho médio de 22 minutos, bastaria que durante a impressão das ordens de fabrico, no Departamento de Métodos, se fizesse também a impressão da ficha de auto-controlo respectiva. Para manter a idoneidade e congruência dos dados, esta ficha seria actualizada no Departamento de Qualidade. Isto é possível dado que a empresa possui uma rede interna de computadores. Para evitar a necessidade do operador ver o processo da mola, as fichas de auto-controlo seriam reformuladas para conter informação relativa às últimas 3 reclamações ocorridas.

O ganho que se pretende não será atingido apenas com esta transferência de responsabilidades, é necessário criar as condições para que o operador não seja obrigado a deixar a sua zona de trabalho. Como tal, é necessária a existência de um responsável pela distribuição das ordens de fabrico pelas máquinas, e que posteriormente leve as

respectivas fichas de matéria-prima até ao armazém. Esta tarefa é de fácil execução já que é possível estimar com precisão – recorrendo à estimativa do tempo de produção – e rapidamente, quando é que a ordem em produção irá terminar. A utilização desta informação permite fazer uma distribuição eficiente minimizando os tempos de paragem do equipamento.

Resumindo, para reduzir o tempo de setup uma média de 22 minutos é preciso que toda a documentação necessária seja impressa no mesmo local e que um responsável faça chegar até às máquinas e armazém de matérias-primas, a ordem de produção e a ficha de requisição de arame. Isto permite que o operador inicie, de imediato, a preparação da ordem de produção seguinte.

3.2.2 O Setup de Máquina

Segundo a Tabela 2, esta é a fase mais demorada de todo o processo de preparação da máquina. Em média são consumidas 2 horas. Nesta fase vamos focar os seguintes pontos:

- Sequenciamento de tarefas
- Proximidade das ferramentas
- Disponibilidade das ferramentas
- Execução da manutenção diária
- Manual de preparações
- Formação do operador

3.2.2.1 Sequenciamento de Tarefas

Todo e qualquer processo é composto por operações.

O planeamento cuidadoso de um processo permite sequenciar as operações de tal forma, que a sua execução possa ser feita de forma fluida e com o mínimo de esforço possível do operador, na esperança de se maximizar a produção.

Ao longo do tempo, o desempenho do processo melhora devido à familiarização do(s) operador(es) com o mesmo. Se a isto acrescentarmos o pensamento crítico do(s) operador(es) direccionado à melhoria de pequenos procedimentos, então estamos na presença de actividades de melhoria contínua do processo.

Após várias conversas com os operadores redefiniu-se o fluxograma de produção das ordens de fabrico. Nesse fluxograma estão descritas as tarefas a executar pelo operador, com a máquina em funcionamento e com a máquina parada.

No fluxograma agora apresentado (Figura 14) estão patentes as tarefas a executar, unicamente, com a máquina parada. Tarefas como limpeza da zona envolvente e recolha de contentores podem e devem ser feitas com o equipamento a produzir. As tarefas de controlo da produção devem ser executadas, também, com o equipamento em funcionamento.

De notar a ausência das tarefas associadas à documentação de início de preparação, recolha da ordem de fabrico, visualização do processo da mola e a requisição de matéria-prima.

Será necessária a monitorização da implementação do novo processo. Velhos hábitos podem vir ao de cima e esse é um cenário pernicioso para os objectivos globais. A monitorização por parte do supervisor é fundamental para guiar os operadores e contribuirá para o estabelecimento de sinergias, num primeiro plano, entre os envolvidos. O sucesso de um projecto de melhoria tem um efeito dominó e depressa toda a força de trabalho se sentirá impelida a participar num projecto semelhante ou a apresentar sugestões de melhoria.

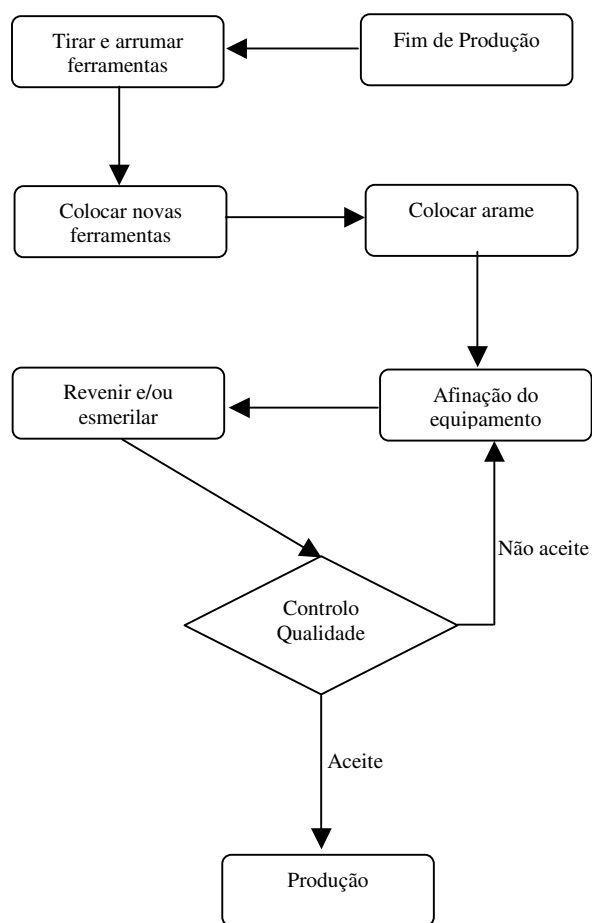


Figura 14 – Diagrama das operações do operador

Com o fluxograma redefinido implementado, tornam-se claras as funções de um operador dentro da organização. Este tem sido uns dos problemas sentidos pelos operadores actuais.

3.2.2.2 Proximidade das ferramentas

Não faz sentido ter as ferramentas gerais e de máquina, num local que não seja próximo desta. Das observações feitas, sempre que é necessária uma ferramenta o operador é obrigado a abandonar o posto de trabalho. Se a ferramenta estiver no local apropriado, são necessários 20 segundos para recolhê-la e voltar ao posto de preparação.

A disponibilização de um carro de ferramentas, com todas as ferramentas – gerais e específicas – necessárias à operação do

equipamento de produção, reduziria tempos de movimentação e tornaria o trabalho muito mais fluído.

3.2.2.3 Disponibilidade das ferramentas

De acordo com a ideia anterior, a colocação das ferramentas num carrinho próximo ao equipamento de produção, implica o levantamento exaustivo de quais as ferramentas – gerais e específicas – necessárias para o operar. Seguidamente é preciso garantir que as ferramentas estão sempre presentes e em bom estado.

Em primeiro lugar, será necessário fazer um inventário das necessidades. Recorrendo aos operadores e ao manual do equipamento podemos saber qual o conjunto de ferramentas necessário.

Seguidamente é preciso fazer o inventário das existências. Descobrir que ferramentas temos e quais estão em falta, permite comparar o inventário das existências com o inventário das necessidades, o que nos dá a informação do que é preciso adquirir.

As ferramentas próprias do equipamento são bastante caras, dado que os materiais são específicos e as tolerâncias de fabrico bastante apertadas. Como tal é preciso garantir que estes activos não se perdem ou desaparecem. A responsabilização dos operadores, acompanhada de uma comparação regular do inventário de necessidades com o inventário de existências é a melhor forma de garantir a sua permanente disponibilidade.

As ferramentas gerais necessitam, igualmente, de controlo devido ao facto de os operadores, com frequência, deixarem-nas espalhadas pela zona de trabalho, o que se traduz em perdas de tempo.

3.2.2.4 Execução da Manutenção

Todos os equipamentos de produção estão sujeitos a manutenção, que é tão mais frequente quanto o grau de utilização da máquina.

O equipamento estudado possui um plano de manutenção que contempla acções diárias, semanais e mensais. Lubrificação necessária: lubrificação automática – executada diariamente (necessita apenas do accionamento de uma alavanca); lubrificação manual – raramente executada (colocação de massa em pontos de lubrificação pelo equipamento, com especial incidência no carro que desloca o cortante). Este tipo de manutenção preventiva é essencial. Por exemplo, durante as observações efectuadas o equipamento parou um dia devido à necessidade de efectuar a rectificação duma peça, que poderia ter sido evitada se a colocação de massa nos pontos já referidos tivesse sido executada.

Antes de se iniciar a produção de uma encomenda, o operador lava a máquina. Esta operação implica uma proximidade com os elementos que devem sofrer lubrificações, e como tal, deveria ser acrescido à operação de lavagem de máquina a obrigação de lubrificação dos pontos críticos.

A manutenção periódica não passa somente pela verificação das condições do equipamento ou do definido pelo seu plano de manutenção. As ferramentas específicas são outro ponto crítico para o sucesso da produção e como tudo o resto, estão sujeitas a desgaste. Talvez até um desgaste mais agressivo e intenso, dado que durante horas a fio e (quase) ininterruptamente, sofrem os efeitos do atrito e aplicação de forças em diversas direcções.

Está definido que os operadores são responsáveis pela verificação do estado das ferramentas e caso não estejam em condições enviar para

correção na Manutenção. No entanto é prática corrente deixar as ferramentas inutilizadas junto das boas.

Quem utiliza a máquina sabe se as ferramentas específicas estão ou não em condições, como tal e de acordo com a opinião da administração, devem ser os operadores a informarem da necessidade de rectificação das ferramentas. Este ponto conduz directamente ao seguinte, na medida em que estabelecendo quais as ferramentas a utilizar para cada uma das preparações torna-se mais fácil de fazer o rastreio do seu estado.

3.2.2.5 Manual de Preparações

Como anteriormente explicado a empresa perdeu operadores de primeira linha, que foram substituídos por operadores novos e sem experiência.

A competitividade da empresa não é resultado exclusivo do potencial humano existente, mas também, de uma forte componente organizacional. Isto é importante para acautelar o – às vezes inevitável – desvinculamento de activos importantes, como aconteceu no passado. A vantagem de uma empresa sobre os seus concorrentes passa por uma boa gestão. O garantir de formação adequada aos recursos humanos, bem como o de transformar conhecimento implícito em conhecimento explícito, são práticas que protegem a organização contra a descapitalização de pessoal.

O conhecimento não pode ser perdido assim que um ou vários operadores qualificados deixam de pertencer aos quadros de uma empresa. Devem existir mecanismos internos de converter o máximo de conhecimento implícito, em conhecimento explícito (conhecimento a que todos podem aceder). De acordo com Halawi L. et al (2006) a gestão do conhecimento é vital para a sobrevivência das organizações.

Segundo Halawi et al (2005) a gestão do conhecimento é uma estratégia consciente que visa tornar a informação certa acessível às pessoas certas, no momento certo e ajudar as pessoas a partilhar e a usar a informação de forma a melhorar a performance da organização (van Ewyk, 2000).

A criação de um manual de preparações tem como finalidade primária, auxiliar os operadores actuais e diminuir as suas dificuldades no trabalho, e como finalidade secundária, iniciar um processo global de recolha de informações relevantes às preparações.

O manual de preparações deverá conter informação de quais as ferramentas a utilizar. Desde dedos, guias de arame, cortantes, desviadores e buris de corte.

Como foi referido no início deste capítulo os operadores passam algum tempo a corrigir buris de corte para poderem ser usados nas preparações, e consequentes produções da máquina. No entanto, essa correcção para um trabalho implica o desacerto para outros trabalhos. Após conversa com operadores mais experientes, ficou claro que os buris de corte constantes no kit da máquina são adequados para 90% dos trabalhos que esta executa. Fica claro que os operadores não devem fazer correcções de qualquer tipo e que, para os 10% das produções por cobrir, devem ser feitos buris específicos.

A criação deste manual potenciaria também a rapidez do setup total da máquina, já que foram observadas, com alguma frequência, mudanças de ferramentas a meio das operações de ajuste, o que induz um desperdício de tempo, matéria-prima e é perfeitamente desnecessário.

O manual seria um guia de preparação sempre disponível para consulta, com informação actualizada. Assim, a cada nova preparação seria preciso o registo de todas as ferramentas utilizadas. Este conceito pode e deve ser estendido a pequenos truques de acerto da máquina.

A criação deste documento não elimina a necessidade de formação específica, pelo menos aos actuais operadores, mas inicia um processo de registo do conhecimento implícito, que no futuro será de grande utilidade.

3.2.2.6 Formação

A formação dos operadores, em qualquer sector de actividade, deveria estar no topo das preocupações de qualquer empresa.

Não se pode esperar que uma pessoa comece a produzir sem lhe serem dadas as ferramentas (físicas e cognitivas) para tal.

Os operadores que participaram neste estudo foram unânimes ao afirmar que a formação prestada, ainda que muito útil, não foi a suficiente e que grande parte da evolução que sofreram como operadores de máquinas de compressão foi devido a persistência própria, mas que estavam a chegar ao ponto onde seria preciso algo mais substanciado.

De facto, sem pessoal qualificado é muito difícil obter melhorias significativas, por muito boas que sejam as medidas a adoptar.

A empresa faz parte de um grupo multinacional de grande dimensão e com provas dadas nos mercados onde actua, aproveitando todo esse know-how seria um bom – se calhar o melhor – investimento fazer a contratação de um formador do grupo para ministrar formação aos operadores do sector da compressão.

3.2.2.7 Armazém de Matéria-prima

O armazém de matéria-prima está incumbido de fazer a recepção de matéria-prima e a sua distribuição de acordo com as requisições vindas da produção.

Actualmente a distribuição é feita de acordo com a ordem de entrada das requisições. A pessoa do armazém não sabe em que estado as máquinas estão, relativamente à necessidade de matéria-prima. Se por acaso existem ordens de produção que necessitam de mais que uma bobine, o operador da máquina é obrigado a abandoná-la por momentos, para informar o Armazém de Matéria-prima da necessidade de nova bobine.

A colocação da matéria-prima na zona de produção antes ou depois do tempo em que é realmente precisa, pode provocar alguma entropia em todo o sistema de preparação e consequentemente de produção.

Para que a informação flua de forma suave e útil aconselha-se a instalação de um sistema visual de marcos coloridos. Esses marcos seriam colocados em cima das máquinas indicando o seu estado em relação à matéria-prima. Se o marco colocado fosse o vermelho, a máquina estaria à espera de matéria-prima para poder operar (seja em setup, seja em produção), se fosse amarelo a máquina iria precisar de matéria-prima nos próximos 20min (o intervalo de tempo poderia ser redefinido à vontade dos operadores e pessoal do armazém), o marco verde indicaria que as necessidades de matéria-prima estão, por enquanto, satisfeitas.

A implementação deste sistema permite saber em todos os instantes qual o ponto de situação de cada um dos equipamentos relativamente à matéria-prima. Ainda que o âmbito deste trabalho seja o sector da compressão, mais especificamente o equipamento HTC28CF, esta medida pode beneficiar toda a fábrica com efeitos imediatos.

A sondagem feita ao operador do armazém de matéria-prima, revelou que o sistema poderia ser uma boa ajuda, já que não seria necessário sair do seu local de trabalho para detectar necessidades de

fornecimento, nem os operadores dos equipamentos de produção teriam que se deslocar até ao armazém a pedir mais matéria-prima (nos casos em que uma encomenda necessita de dois ou mais rolos).

3.2.2.8 Controlo de Qualidade

O sistema de controlo de qualidade implementado obriga a que o início de uma produção esteja sujeito a uma validação da preparação pelos controladores da qualidade.

Actualmente os operadores mantêm os equipamentos de produção parados, até que o arranque de máquina lhes seja fornecido, especialmente se a mola em produção necessitar de verificação das cargas que produz.

No caso da compressão, é intenção da empresa colocar os operadores a validarem as suas próprias preparações, no entanto, para o autor, este é um caminho perigoso. A inspecção autónoma é frequentemente incentivada, mas não é tão eficiente, pela falta de objectividade inerente a essa actividade (Shigeo Shingo, 1996).

Com isto presente e não esquecendo a necessidade de ter o equipamento de produção o menor tempo possível parado, o operador deverá apenas fazer uma confirmação, após revenimento e eventual esmerilagem, das cotas toleradas – e cargas caso existam – e em caso de conformidade continuar a produção. Seguidamente, logo que possível, o controlador da qualidade fará a sua avaliação e elaborará o documento de arranque de máquina. Este procedimento reduzirá o tempo de espera do equipamento de produção e permitirá a responsabilização inequívoca dos intervenientes.

A cada um dos operadores é designado um paquímetro devidamente calibrado com resolução à centésima de milímetro. Resolução mais que suficiente para respeitar a tolerância do processo.

Este equipamento é o bastante para validar as cotas da mola em produção. A validação das cargas produzidas pela mola têm invariavelmente que passar pelo Controlo de Qualidade, já que é lá que estão as balanças que fazem este tipo de medição.

A exequibilidade deste procedimento torna-se clara, uma vez que as cotas a respeitar estão no plano da mola e os equipamentos de medição em utilização, estão calibrados de acordo com as normas internacionais.

3.2.2.9 Forno de Revenimento

Como se pode ver pela Tabela 2, o tempo de revenimento das peças a levar ao Controlo de Qualidade é bastante elevado. Na verdade, o tempo médio é quase 5 vezes mais do que o tempo de revenimento praticado pela empresa (10 minutos). Acima já foi explicado o porquê deste acontecimento.

A resolução deste problema passa pela aquisição de um forno igual, colocado ao lado do actual atribuir a um a temperatura de 240 °C e ao outro a temperatura de 300 °C. Isto minimizaria esperas não só por causa de operadores de outros equipamentos, mas também porque eliminaria a necessidade de variar a temperatura dos fornos. Para além da poupança de tempo, e consequente aumento na fluidez do trabalho, poupa-se também energia.

Capítulo 4

Resultados Teóricos e Conclusões

4. Resultados Teóricos e Conclusões

Devido a vários factores organizacionais e temporais a aplicação das soluções descritas no capítulo anterior foi impossível. Como tal, os resultados que poderiam ser obtidos serão estimados de acordo com os tempos recolhidos e observações qualitativas efectuadas. Na impossibilidade dos dados permitirem uma estimação plausível, recorrer-se-á às taxas de ganho previstas por Shigeo Shingo.

De forma a descrever de forma coerente os ganhos das melhorias propostas, far-se-á a divisão da seguinte maneira:

- Pré-ajuste
- Ajuste
- Pós-ajuste
- Outras actividades de optimização
- Resultados

4.1 Pré-ajuste

Nesta fase estão compreendidas todas as operações a executar antes do ajuste do equipamento, conforme as tarefas apresentadas na Tabela 2.

Na Figura 13 está representado o percurso executado pelo operador sempre que procede à recolha de uma nova ordem de produção. Esta figura permite ilustrar como o processo é executado, e apresenta o consumo de tempo que o autor fez para executar esta sequência de tarefas.

A Tabela 2 contém 2 etapas com medições feitas. A tarefa OP não foi possível medir e como tal vamos assumir como sendo a soma dos tempos 1 e 4 apresentados na Figura 13.

Agora faremos o contraponto entre o diagrama da Figura 12 e o diagrama da Figura 14.

Logo à partida é notória a ausência de algumas tarefas. Essas tarefas foram transferidas para o Responsável de Produção, o Departamento de Métodos e Departamento de Qualidade. Já foi explicado no capítulo anterior como e porquê; o que se pretende é que as ordens de fabrico cheguem ao chão de fábrica com a totalidade da documentação adjunta, e que a distribuição pelos sectores da fábrica seja feita pelo Responsável de Produção. Se este processo ocorrer como descrito no capítulo anterior, permitirá poupar ao operador cerca de $TS = 22$ minutos $[TS = \overline{PM} + r\overline{MP} + Fig.13(1+4)]$, onde TS significa “*Time Saved*”. Recorrendo à técnica de Paralelização de Tarefas, referida no Capítulo 1, é possível colocar um segundo operador a fazer a mudança de arame (ArIN). Esta actividade permite poupar cerca de 11 minutos.

Isto significa que o operador apenas necessita de executar duas tarefas: (1) remoção do setup anterior e (2) montagem do setup seguinte. Estas duas tarefas requerem, combinadas, uma média de 26 minutos para serem concluídas.

De acordo com a Tabela 2, o Pré-ajuste é executado em aproximadamente 59 minutos, o que significa que com as melhorias propostas, o tempo necessário para o efectuar seria reduzido em cerca de 56%, para os 26 minutos já referidos.

4.2 Ajuste

Esta é a parte mais complicada de todo o processo de preparação do equipamento para produção.

De acordo com a Tabela 2, esta operação requer, em média, 113 minutos para ser concluída quando, segundo a Tabela 1, em teoria são precisos apenas cerca 80 minutos para concluir todo o processo de setup do equipamento.

Muito do trabalho executado pelos operadores é de índole tentativa/erro. Isto acarreta altos custos ao nível de tempo e matéria-prima consumida. Como referido no capítulo anterior, o fornecimento de formação, manutenção

adequada, organização das ferramentas, a proximidade destas face ao equipamento e a criação do manual de preparações, ajudaria de sobremaneira na agilização deste processo.

A quantificação do tempo poupado neste estágio é bastante difícil. Em relação às melhorias propostas quanto à envolvente do posto de trabalho e manutenção de equipamento e ferramentas poderemos considerá-las como tarefas de optimização do processo. Assim sendo, segundo Szatkowski e Reasor (1991), de acordo com McIntosh et al (2006), a fase 3 do conceito SMED pode potenciar uma melhoria de até 15%. Acreditando que a melhoria proporcionada pela formação, numa primeira fase, poderá ascender aos 25%, ficamos com um resultado combinado de 40% de melhoria após implementação das etapas propostas. Isso significaria que os ajustes demorariam, em média, cerca de 68 minutos.

4.3 Pós-ajuste

As tarefas após o ajuste são feitas com o equipamento parado, como tal é preciso minimizar o tempo necessário para serem executadas.

Logo após o ajuste uma amostra das peças é revenida a uma temperatura consentânea com o material usado, como explicado no capítulo anterior. De acordo com a Tabela 2, o revenimento demora em média 49 minutos, isto porque existe só um forno utilizado por toda a fábrica, e que sofre alterações de temperatura constantemente. Com a instalação de outro forno, e definindo que um estaria continuamente a 240 °C e o outro a 300 °C, seria possível reduzir, na opinião do autor, o tempo médio do revenimento para cerca de metade do actual. Assim sendo, um novo forno reduziria o revenimento de 49 minutos, para cerca de 25 minutos.

Após o revenimento pode, ou não, seguir-se a esmerilagem. Caso seja precisa, a média do tempo necessário para a operação é cerca de 9 minutos. A melhoria desta operação é possível, mas eventualmente a um custo superior ao ganho obtido. Este tempo é obtido especialmente pela esmerilagem manual, que

é executada sempre que os equipamentos no sector de esmerilagem estão preparados com outras referências.

Seguidamente vem o Controlo de Qualidade, para que se possa dar o arranque. Como referido no capítulo anterior, é a opinião do autor que, e sabendo que dispõe de equipamento e informação para isso, se uma mola não tem cargas toleradas, o operador deverá fazer a verificação das cotas de acordo com o Processo da Mola, e caso se verifique uma correspondência positiva iniciar a produção. O processo da SCHERDEL-MOLTEC exige que para iniciar a produção seja necessário medir 5 molas. Essa medição é feita em cerca de 3 minutos. Caso a mola tenha carga tolerada, então é necessário ir ao Controlo de Qualidade fazer a medição da carga e verificar se está dentro do especificado. Com a balança automática a determinação dos valores das cargas é muito simples, bastando para isso a selecção da referência da mola e dar ordem de teste quantas vezes o número de molas a testar. Cada teste demora cerca de 40 segundos, o que para 5 molas perfaz pouco mais de 3 minutos. Como nestes casos é necessário um documento a provar a execução dos testes à carga, este é impresso, demorando cerca de mais 3 minutos devido a operações informáticas específicas.

Para compensar deslocações e eventual ocupação dos equipamentos de medição por outros operadores, duplicamos o tempo de 6 minutos (teste de molas + impressão) para 12 minutos. Assim, com as melhorias propostas assume-se uma redução de 59% no tempo médio dispendido no Controlo de Qualidade. É uma melhoria um pouco superior à preconizada por Shigeo Shingo, mas derivada da tecnologia envolvida no processo (teste automático e facilidade de impressão recorrendo ao computador e impressora). Isto faz sentido na medida em que em, de acordo com Shingo (1985), em 1975 após implementação do SMED um setup completo demorava 1/18 do tempo dispendido antes da implementação. Contudo, 10 anos passados e o setup completo passou a demorar 1/40 do observado antes da implementação.

O reajuste é uma operação que acontece quando as medições (cotas e/ou cargas) não estão de acordo com o especificado e, portanto, é necessário

proceder à sua correcção. Todas as medidas apresentadas no capítulo anterior visam reduzir tempo e se possível actividades que não acrescentam valor ao produto. O reajuste é uma dessas actividades. No entanto, os lotes de matéria-prima têm sempre algumas variações que influenciam, especialmente, a obtenção das cargas especificadas. Isto significa que, mesmo que o setup esteja completamente otimizado, sempre serão necessários pequenos reajustes nos produtos com cargas toleradas. Assim, ainda que seja uma etapa que não acrescenta valor ao produto, é importante para garantir a qualidade deste.

A diminuição dos tempos de reajuste está directamente ligada à formação dos operadores e ao manual de preparações. Desta forma, usaremos a percentagem de redução de tempo declarada no ponto 4.2. De acordo com a tabela esta operação requer uma média de 83 minutos, se aplicarmos a redução de 40% a operação passa a demorar 50 minutos. Este tempo já inclui revenimento e esmerilagem, de acordo com a Figura 14.

4.4 Outras Actividades de Optimização

O setup de máquina não está isolado do resto da unidade fabril. A produção implica a transformação de matérias-primas, que são depositadas num armazém específico. O responsável por esse armazém tem como missão, para além de fazer a contabilidade do stock existente, fazer chegar até aos equipamentos a matéria-prima constante na requisição respectiva.

A implementação do sistema referido no capítulo anterior permitiria ao operador do equipamento concentrar-se apenas na preparação do equipamento e faria com que não fosse necessária a sua saída do posto de trabalho.

O método de sinalização proposto permite cadenciar a distribuição de matéria-prima pelas máquinas, sincronizando o trabalho de transporte de matéria-prima com o trabalho a ser executado nos postos de trabalho. Esta sincronização permite que o operador organize as tarefas acessórias de produção como sejam, o transporte de contentores já com molas e a recolha de contentores vazios, mantendo o equipamento em produção. E que o responsável pelo

armazém de matéria-prima saiba a todos os momentos as necessidades dos equipamentos produtivos.

A monitorização do inventário no carro de ferramentas assegura que as ferramentas estão disponíveis sempre que são precisas.

A monitorização do estado das ferramentas e equipamento permite reduzir os *downtimes*, induzindo aumentos de produção.

4.5 Resultados

Com os valores mencionados acima é possível tabular os resultados, para melhor percepção das melhorias passíveis das sugestões propostas. A Tabela 3 mostra as melhorias claras que advêm da implementação das sugestões dadas, no sentido de otimizar todo o processo de setup do equipamento de produção de molas de compressão.

As sugestões acautelam todo o processo e propõem alterações na sua grande maioria.

Fase	Antes (minutos)	Depois (minutos)	Ganho
Pré-ajuste	59	26	56%
Ajuste	113	68	40%
Pós-ajuste	170	96	44%
Total	342	190	45%

Tabela 3 – Comparação dos resultados obtidos

Ao nível dos tempos a melhoria é notória, mas é um pouco vaga para perceber o que se pode ganhar ao nível da produção.

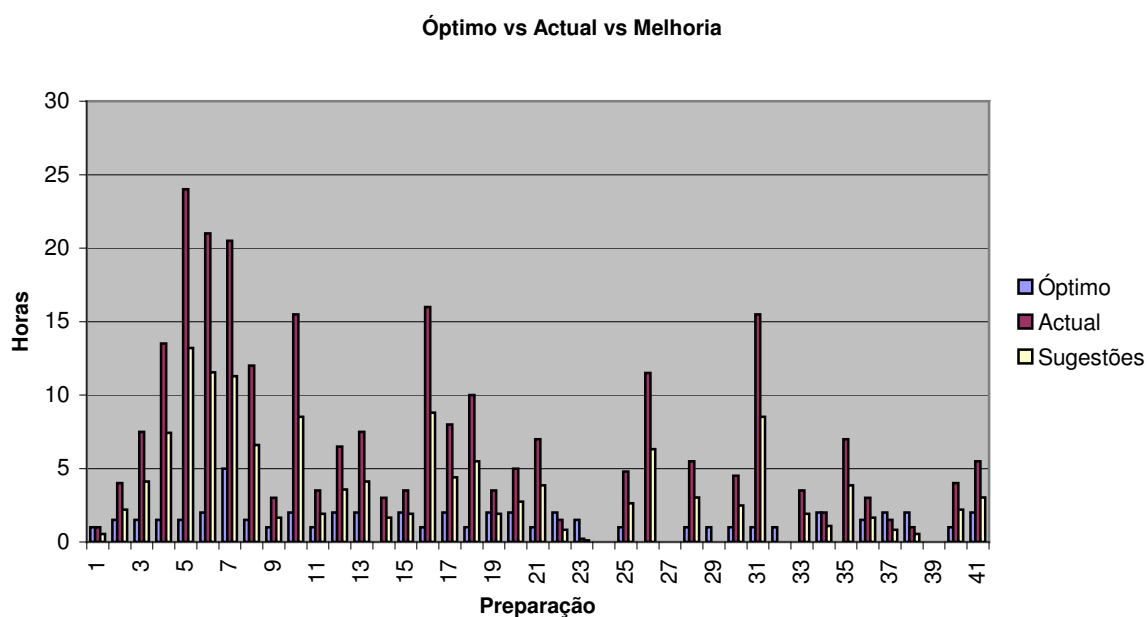


Gráfico 2 – Comparativo entre os 3 cenários em estudo

As preparações que estão a zero são o seguimento da preparação que já estava em máquina.

De acordo com a Tabela 1, nos 4 meses analisados a empresa utilizou 266,51 horas na preparação dos equipamentos. Teoricamente deveriam ter sido utilizadas apenas 54,5 horas. A diferença entre estes dois valores indica-nos o tempo realmente desperdiçado pela empresa no setup dos seus equipamentos.

Ao nível das ordens de fabrico isto indica que no período estudado, perderam-se 9,6 ordens de fabrico. Poderá parecer pouco, mas com uma produção média por ordem de fabrico, de cerca de 180 mil peças (177,858), implica que em 4 meses não se fabricaram cerca de 1,700,000 peças.

A Tabela 4 sumariza os ganhos da implementação das sugestões de melhoria face ao estado actual, e ainda providencia um retrato global da produção pós implementação.

Período	Tempos de setup(h)	Peças produzidas
<i>Pré</i>	266.51	7 292 205
<i>Pós</i>	146.58	8 257 823
<i>Óptimo</i>	54.5	8 999 207
<i>(Pós-Pré)</i>	- 119.93	+ 965 618
<i>(Óptimo-Pré)</i>	- 212.01	+ 1 707 002

Tabela 4 – Resumo dos resultados obtidos

Pré significa resultados antes da implementação das sugestões, *Pós* significa resultados após a implementação das sugestões e *Óptimo* significa resultados de acordo com os tempos óptimos do sistema, tal como definidos pela empresa.

Estes resultados mostram que a implementação das sugestões propostas, induzem no sistema uma capacidade de produção de cerca de mais 240,000 peças por mês, só neste equipamento.

4.6 Conclusões

A implementação do SMED é uma mais-valia, para que a empresa se mantenha competitiva num mundo cada vez mais exigente. Os ganhos que promove são bastante interessantes.

O conceito, apesar de desenvolvido em torno da melhoria das operações relativas ao chão-de-fábrica, toca outras áreas da empresa, especialmente devido à Fase 3 da implementação do conceito. Na opinião do autor a implementação de métodos de recolha de informação sobre as preparações é de importância fulcral. A razão sobre a qual assenta esta ideia, parte das dificuldades que a empresa analisada passou, e ainda passa, por ter não ter suprimido de forma eficaz a saída de recursos humanos qualificados, e pela dificuldade inerente ao processo de preparação de um equipamento de produção de molas de compressão.

Os resultados deste trabalho foram obtidos, principalmente, através de taxas de ganho de tempo constantes na literatura especializada. Isto deveu-se ao facto de muito do que foi apresentado não ter sido implementado. No entanto, o cenário apresentado por estes resultados torna interessante uma urgente adopção das medidas aqui expostas e do lançamento de um verdadeiro programa de melhoria das preparações. Este programa deve envolver um dos operadores do equipamento, o responsável de produção e um membro da administração.

Com uma redução de 45% no tempo médio utilizado por preparação e com o impacto que isso traz na produção (cerca de mais 240,000 peças produzidas por mês) a empresa pode aumentar a sua produtividade de forma interessante. Para além dos ganhos monetários que isso traz, contribui também para melhorar a pontuação da empresa na competição entre todas as suas fábricas do grupo SCHERDEL.

Esta redução é apenas indicativa. Na verdade, com a implementação do programa os ganhos poderão ser superiores aos aqui declarados.

Bibliografia

Bibliografia

- Livros

Steudel, Harold J. – **Manufacturing in the nineties : how to become a mean, lean, world-class competitor** – Van Nostrand Reinhold, New York 1992

Shingo, Shigeo – **A Revolution in Manufacturing: The SMED System** – Productivity Press, 1985

Hill, Terry – **Operations Management: Strategic context and managerial analysis** – Plagrave, 2000

Stevenson, William J. – **Operations Management, 7th Edition** – McGraw-Hill, 2001

Shingo, Shigeo - **Sistemas de produção com estoque zero : o sistema Shingo para melhorias contínuas** – Bookman, 1996

Shingo, Shigeo – **O Sistema Toyota de Produção** – Bookman, 1996

- Artigos

Trovinger and Bohn: *Setup Time Reduction for Electronics Assembly: Combining Simple (SMED) and IT-Based Methods*, **Production and Operations Management** 14(2), pp. 000–000, © 2005 Production and Operations Management Society

FOGLIATTO, F. S.; FAGUNDES, P. *Troca Rápida de Ferramentas: proposta metodológica e estudo de caso.* **Gestão & Produção**. v. 10, n. 2, p. 163-181, 2003.

McINTOSH, R. I.; CULLEY, S. J.; MILEHAM, A. R. *A critical evaluation of Shingo's 'SMED' methodology.* **International Journal of Production Research**, v. 38, n. 11, p. 2377-2395, 2000.

McIntosh, R., Owen, G., Culley, S., Mileham, T., 2007. *Changeover Improvement: Reinterpreting Shingo's "SMED" Methodology.* **IEEE TRANSACTIONS ON ENGINEERING MANAGEMENT**, 54(1), 98-111.

Halawi L, Aronson J and McCarthy R (2005). *Resource-Based View of Knowledge Management for Competitive Advantage.* **The Electronic Journal of Knowledge Management** Volume 3 Issue 2, pp 75-86, available online at www.ejkm.com

Neumann C. and Ribeiro J. (2004). *Desenvolvimento de fornecedores:*

um estudo de caso utilizando a troca rápida de ferramentas. **Revista Produção**
v. 14 n. 1 2004

